

Juha Jokela, Jouni Lehtomaa

**Liikenteen sujuvuuden
parantaminen kaupunkien
pääväylillä pienin toimenpitein**

Tiehallinnon selvityksiä 35/2009



TIEHALLINTO
VÄGFÖRVALTNINGEN

Juha Jokela, Jouni Lehtomaa

**Liikenteen sujuvuuden
parantaminen kaupunkien
pääväylillä pienin toimenpitein**

Tiehallinnon selvityksiä 35/2009

Tiehallinto

Helsinki 2009

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1553

ISBN 978-952-221-283-2

TIEH TIEH 3201149-v

TIEHALLINTO

Keskushallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 11

Juha Jokela, Jouni Lehtomaa: Liikenteen sujuvuuden parantaminen kaupunkien pääväylillä pienin toimenpitein. Helsinki 2009. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 35/2009, 66 s. + liitt. 1 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-283-2, TIEH 3201149-v.

Asiasanat: Kapasiteetti, liikennesuunnittelu, pääväylät, toimenpiteet, välityskyky
Aiheluokka: 22, 31

TIIVISTELMÄ

Tässä selvityksessä on kartoitettu pieniä toimenpiteitä, joiden avulla voidaan parantaa liikenteen sujuvuutta kaupunkien pääväylillä, erityisesti sisääntuloväylillä sekä kehäväylillä. Pääpaino on ollut ajoneuvoliikenteen välityskyvyn lisäämisessä pullonkaulakohdissa.

Selvityksessä arvioitiin yli 20 jo käytössä olevaa pientä toimenpidettä, jotka kartoitettiin kirjallisuusselvityksen sekä suomalaisten ja ulkomaisten asiantuntijoiden haastatteluiden avulla. Toimenpiteet jaoteltiin linkkijärjestelyihin (3 toimenpideryhmää), tasoliittymäjärjestelyihin (7 toimenpideryhmää), eritasoliittymäjärjestelyihin (3 toimenpideryhmää), liikennerajoitteisiin (3 toimenpideryhmää), joukkoliikennejärjestelyihin (4 toimenpideryhmää), kevyen liikenteen järjestelyihin sekä ajokäyttäytymiseen vaikuttamiseen. Lisäksi selvitettiin karkeasti ei-toistuvien häiriötilanteiden toimenpiteitä. Lähes kaikkien tarkasteltujen toimenpiteiden arvioitiin sopivan tietyillä edellytyksillä Suomeen. Toimenpiteillä voidaan parantaa merkittävästi liikenteen sujuvuutta, mutta toimenpiteiden soveltuvuus väylälle on aina tapauskohtaista.

Pienten toimenpiteiden soveltuvuutta arvioitiin kolmentyyppisille pääväylille: monikaistaisille tasoliittymäväylille, moottoriväylille sekä keskusta-alueiden väylille. Monikaistaisilla tasoliittymäväylillä potentiaalisimmiksi liikenteen sujuvuuden parantamistoimenpiteiksi arvioitiin kaistamäärän lisääminen kaista- ja piennarkavennuksilla, turbokiertoliittymä, kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän kohdalla, liittymän kanavointi, ryhmittymiskaistojen pidentäminen, valo-ohjatun liittymän vapaa oikea, liikennevalojen rakentaminen, liikennevalojen ajoitusten päivittäminen sekä joukkoliikennejärjestelyt (esim. joukkoliikennekaistat ja liittymäetäisyydet). Moottoriväylillä potentiaalisimmiksi toimenpiteiksi arvioitiin kaistamäärän lisääminen kaista- ja piennarkavennuksilla, eritasoliittymän täydentäminen isärrampilla, ramppiohjaus sekä erkanemiskaistojen jatkaminen. Keskusta-alueilla potentiaalisimpina toimenpiteinä nähtiin kiertoliittymäratkaisut, liittymän kanavointi, ryhmittymiskaistojen jatko, valo-ohjatun liittymän vapaa oikea, liikennevalojen rakentaminen, liikennevalojen ajoitusten päivittäminen, kääntymiskiellot liittymissä sekä joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimenpiteet.

Tarkastelluista Suomessa harvoin tai ei lainkaan käytetyistä pienistä toimenpiteistä, potentiaalisimmaksi arvioitiin kaistamäärän lisääminen kaista- ja piennarkavennuksilla. Toimenpiteen arvioidaan soveltuvan useisiin nelikaistaisiin kohteisiin nykyohjeita pienemmällä tilantarpeella. Kohtuullisilla investointikustannuksilla voidaan lisätä merkittävästi välityskykyä vähäisin negatiivisin vaikutuksin. Käyttökelpoisiksi ratkaisuihin nähtiin myös kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus, ramppiohjaus sekä raskaan ja hitaan liikenteen rajoitukset. Näiden toimenpiteiden osalta soveltuvuus on kuitenkin erittäin paikkasidonnaista.

Työn jatkotoimenpiteinä suositellaan liikennevalojen ajoitusten säännöllisemmän päivityksen ohjeistamista erityisesti suurien kaupunkiseutujen ulkopuolella, kaapeampien kaistojen ja pientareiden käyttöedellytysten selvittämisestä sekä häiriötilanteiden hallinnan kehittämistä. Lisäksi tarpeelliseksi nähdään pienten toimenpiteiden rahoituksen kehittäminen sekä sen selvittäminen, miten liikennevalo-ohjausta voitaisiin erityistapauksissa hyödyntää kiertoliittymien yhteydessä.

SAMMANFATTNING

Denna utredning kartlägger smärre åtgärder, som kan användas för att förbättra trafikens framkomlighet på städernas huvudleder, speciellt på infarts- och ringleder. Huvudvikten har legat på att förbättra fordonstrafikens kapacitet i flaskhalsar.

I utredningen utvärderades över 20 använda smärre åtgärder, som kartlades med hjälp av litteraturstudie och intervjuer med finska och utländska experter. Åtgärderna delades upp i åtgärder på länkar (3 åtgärdsgrupper), åtgärder i anslutningar (7 åtgärdsgrupper), åtgärder i planskilda anslutningar (3 åtgärdsgrupper), trafikbegränsningar (3 åtgärdsgrupper), kollektivtrafikåtgärder (4 åtgärdsgrupper), lätttrafikåtgärder samt åtgärder för att inverka på körbeteendet. Dessutom utreddes på överordnad nivå åtgärder vid inte-återkommande störningar. Nästan alla utredda åtgärder bedömdes kunna användas i Finland under vissa förutsättningar. Åtgärderna förbättrar trafiksäkerheten betydligt, men deras lämplighet på en trafikled varierar från fall till fall.

Åtgärdernas lämplighet utvärderades på tre typer av huvudleder: flerfältiga leder med plananslutningar, motorleder samt leder på centrumområden. På flerfältiga leder med plananslutningar bedömdes följande åtgärder att förbättra trafikens framkomlighet vara de mest potentiella: utökning av antalet körfält genom att smalna av körfält och vägren, turbocirkulationsplats, utökning av antalet körfält vid trafiksignalanslutning, kanalisering av anslutning, förlängning av grupperingsfält, fri högersväng i trafiksignalanslutning, trafiksignalreglering, uppgradering av trafiksignalers tidsättning samt kollektivtrafikarrangemang (kollektivkörfält och företräde i anslutning). På motorleder bedömdes de mest potentiella åtgärderna vara utökning av antalet körfält genom att smalna av körfält och vägren, komplettering av plananslutning med extra ramp, rampmetering samt förlängning av avfartsramp. På centrumområden ansågs de mest potentiella åtgärderna vara cirkulationsplats, kanalisering av anslutning, förlängning av grupperingsfält, fri högersväng i trafiksignal, trafiksignalreglering, uppgradering av trafiksignalers tidsättning, svängningsförbud i anslutningar samt åtgärder för kollektivtrafik och lätttrafik.

Vid en studie av smärre åtgärder, som inte alls eller sällan används i Finland bedömdes en utökning av antalet körfält genom att smalna av körfält och vägren vara mest potentiell. Åtgärden bedöms vara tillämplig på de flesta fyrfältiga objekt med mindre utrymmesbehov än vad nuvarande anvisningar förutsätter. Framkomligheten kan väsentligt förbättras till skäligena investeringskostnader och med liten negativ inverkan. Signalreglering av cirkulationsplats, rampmetering samt begränsning av tung och långsam trafik ansågs även vara användbara lösningar. Tillämpningen av dessa åtgärder är dock mycket beroende av förhållandena på platsen.

Som fortsatt arbete föreslås rekommendationer för regelbundna uppgradering av trafiksignalers tidsättning speciellt utanför större stadsområden, utredning av förutsättningarna för att ta i bruk smalare körfält och vägrenar samt utveckling av hanteringen av störningar i trafiken. En utveckling av finansieringen av smärre åtgärder anses vara nödvändig. Dessutom bör utredas hur trafiksignalreglering i speciella fall kan utnyttjas i cirkulationsplatser.

SUMMARY

Small measures that improve traffic flow on urban main roads, especially on feeder roads and ring roads, were investigated. The main emphasis was on increasing the capacity of bottlenecks.

Over 20 small measures currently in use in Finland or nearby countries were assessed by means of a literature survey and specialist interviews. The measures were divided into link arrangements (3 measures), intersection arrangements (7 measures), interchange arrangements (3 measures), traffic restrictions (3 measures), public transport arrangements (4 measures), bicycle and pedestrian traffic arrangements and influencing driving behaviour. Measures related to non-recurring incidents were also roughly reviewed. Almost all the investigated measures were assessed to be suitable for Finland, with certain conditions. Traffic flow can be improved significantly with these measures, but their suitability must be assessed case by case.

The suitability of small investments was assessed on three different types of main roads: multilane intersection roads, motorways and city centre roads. The measures with the most potential to improve traffic flow on multilane intersection roads were assessed to be adding lanes by narrowing existing lanes or shoulders, building turbo roundabouts, adding lanes in the main direction in signalised intersections, channelising intersections, extending approach lanes, channelising free right turns in signalised intersections, adding signalisation to intersections, updating the timing of signalised intersections and public transportation arrangements (e.g. bus lanes and intersection priorities). The measures with the most potential on motorways were assessed to be adding lanes by narrowing existing lanes or shoulders, adding ramps to interchanges, ramp metering and extending exit lanes. The measures with the most potential on city centre roads were assessed to be roundabout arrangements, channelising intersections, extending approach lanes, channelising free right turns in signalised intersections, adding signalisation to intersections, updating the timing of signalised intersections, restricting turning in intersections and measures that improve public transportation and bicycle and pedestrian traffic.

Of the assessed measures that are rarely or never in Finland, the one with the most potential was assessed to be adding lanes by narrowing existing lanes or shoulders. The measure is estimated to be applicable to many four-lane roads by reducing existing space requirements. With moderate investment costs, capacity can be increased significantly with small negative impacts. Other usable measures were traffic signals in roundabouts, ramp metering and restrictions on heavy and slow traffic. However, the suitability of these measures must be assessed case by case.

As a continuation of this study, the following measures are recommended: compilation of guidelines for regular updating of traffic signal timing, especially outside of bigger city regions, exploration of the prerequisites for using narrower lanes or shoulders and development of non-recurring incident management. Development of funding for small investments and exploration of how traffic signals can be used in specific cases in roundabouts are also necessary measures.

ESIPUHE

Tässä selvityksessä on kartoitettu pieniä toimenpiteitä, joiden avulla voidaan parantaa liikenteen sujuvuutta kaupunkien pääväylillä, erityisesti sisääntuloväylillä sekä kehäväylillä. Selvityksessä pienet toimenpiteet kohdistuvat ensisijaisesti neliporrasperiaatteen kolmannelle portaalle. Osa toimenpiteistä saattaa vaatia lainsäädännöllisiä muutoksia.

Pääpaino on ollut ajoneuvoliikenteen välityskyvyn lisäämisessä väylien pulonkaulkakohdissa, mutta lisäksi on arvioitu toimenpiteiden vaikutuksia turvallisuuteen, järjestelyjen selkeyteen ja suunnistettavuuteen, joukkoliikenteeseen, kevyeen liikenteeseen sekä meluihin ja päästöihin. Lisäksi on kuvattu toimenpiteiden käyttöä, kokemuksia ja kustannustasoa.

Työn aikana on haastateltu alan asiantuntijoita Suomesta nykyisten ongelmien ja käytössä olevien ratkaisujen kartoittamiseksi. Kirjallisuusselvityksen perusteella on kartoitettu pieniä toimenpiteitä sekä niiden vaikutuksia. Asiantuntijoita Ruotsista, Norjasta, Tanskasta, Alankomaista ja Saksasta on haastateltu lähimaissa käytössä olevien pienten toimenpiteiden käytön ja kokemusten osalta. Lähimaissa käytetyistä toimenpiteistä järjestettiin ideariih Helsinkiin 3.12.2009, johon osallistui 13 liikennesuunnittelun asiantuntijaa Suomesta. Ideariihessä keskusteltiin pääosin ulkomailla käytössä olevien pienten toimenpiteiden soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin. Edellisten perusteella on laadittu tämä raportti, johon on kerätty käytössä olevia pieniä toimenpiteitä sekä esitetty suosituksia uusien pienten toimenpiteiden käyttöönotosta Suomessa.

Työtä ovat ohjanneet Ari Liimatainen ja Jorma Saarelainen Tiehallinnon Keskushallinnosta. Työ on laadittu konsulttitoimeksiantona Ramboll Finland Oy:ssä, jossa työhön ovat osallistuneet Juha Jokela, Jouni Lehtomaa, Ralf Granlund, Rauno Laitinen ja Jouni Sivenius.

Helsingissä joulukuussa 2009

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

Sisältö

1	TYÖN SISÄLTÖ	13
1.1	Työn tavoitteet ja tutkimusmenetelmä	13
1.2	Sujuvuus käsitteenä	13
1.3	Pääväylät kaupunkialueilla	14
1.4	Pienet toimenpiteet	14
1.5	Työn ulkopuolelle rajattua	16
2	NYKYTILANTEEN ONGELMAT	17
2.1	Ruuhkatyypit	17
2.2	Ruuhkautumisen syitä	17
2.2.1	Tasoliittymien ongelmia	18
2.2.2	Suuntaisliittymien ongelmia	19
2.2.3	Joukkoliikenteen ongelmia	19
2.2.4	Kevyen liikenteen ongelmia	19
2.2.5	Raskaasta liikenteestä aiheutuvia ongelmia	20
2.2.6	Hitaasta liikenteestä aiheutuvia ongelmia	20
2.2.7	Liikennöintiolosuhteiden aiheuttamia ongelmia	20
2.2.8	Häiriöistä aiheutuvia ongelmia	20
2.2.9	Kapasiteetin muutoskohdista aiheutuvat ongelmat	21
2.3	Pienten toimenpiteiden rahoittaminen	21
3	PIENIÄ TOIMENPITEITÄ SUJUVUUDEN LISÄÄMISEKSI	22
3.1	Pienten toimenpiteiden käyttö ulkomailla	22
3.2	Linkkijärjestelyt	24
3.2.1	Lisäkaistat kaista- ja piennarkavennuksilla	24
3.2.2	Vaihtuvasuuntainen kaista	26
3.2.3	Monimatkustaja-ajoneuvokaista (HOV-kaista)	27
3.3	Tasoliittymäjärjestelyt	28
3.3.1	Kiertoliittymä	28
3.3.2	Kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus	29
3.3.3	Kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän kohdalla	33
3.3.4	Liittymän kanavointi, ryhmittymiskaistojen jatkaminen ja valo-ohjatun liittymän vapaa oikea	36
3.3.5	Liittymän porrastaminen	37
3.3.6	Liikennevalot	37
3.3.7	Liikennevalojen ajoitusten päivittäminen	38
3.4	Eritasoliittymäjärjestelyt	38
3.4.1	Eritasoliittymän täydentäminen lisärampilla	38
3.4.2	Ramppiohjaus	39
3.4.3	Erkanemiskaistojen jatkaminen	42

3.5	Liikennerajoitteet	42
3.5.1	Raskaan liikenteen rajoitukset	42
3.5.2	Hitaan liikenteen rajoitukset	43
3.5.3	Kääntymiskiellot liittymissä	44
3.6	Joukkoliikenne	46
3.6.1	Kaistajärjestelyt	46
3.6.2	Liikennevaloetuuudet	47
3.6.3	Liittymäetuuudet	49
3.6.4	Pysäkkijärjestelyt	49
3.7	Kevyt liikenne	51
3.8	Ajokäyttäytymiseen vaikuttaminen	52
3.8.1	Risteysruudukko	52
3.9	Ei-toistuvat häiriötilanteet	53
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	56
4.1	Pienien toimenpiteiden käytettävyys	56
4.2	Yhteenveto arvioiduista pienistä toimenpiteistä	56
4.3	Potentiaalisimmat pienet toimenpiteet	58
4.4	Uusien pienten toimenpiteiden soveltuvuus Suomeen	61
4.5	Suosituksat jatkotoimenpiteille	62
5	LÄHDELUETTELO	63
6	LIITTEET	66

Kuvaluettelo

Kuva 1	Maaseututie (vas.), kaupungin pääväylä ja paikalliskatu (Tielaitos 1993).....	14
Kuva 2	Neliporrasperiaate (Tiehallinto).....	15
Kuva 3	Alankomaissa turbokiertoliittymiä käytetään pienenä toimenpiteenä (CROW 2009).....	22
Kuva 4	Havainnekuva kapeampien kaistojen käytöstä (Lindkvist 2009).....	25
Kuva 5	Havainnekuva vaihtuvasuuntaisesta kaistasta Tukholmasta (Winterberg 2010).....	26
Kuva 6	HOV-kaista Lillestrømistä Norjasta. Kuvan HOV-kaistaa saavat käyttää ajoneuvot, joissa on vähintään kolme matkustajaa (Hauge 2009).....	28
Kuva 7	Turbokiertoliittymässä voimakkaat liikennevirrat ohjataan useaa kaistaa liittymän läpi (CROW ja Province of Noord-Brabant 2009).....	29
Kuva 8	Oslossa osittain valo-ohjatun kiertoliittymän valo-ohjaus on käytössä vain ruuhka-aikana. Valo-ohjauksen päällä ollessa muuttuvat liikennemerkit muistuttavat valo-ohjauksesta (Ramboll 2009).....	32
Kuva 9	Suojatien valo-ohjauksen mahdollisuudet kiertoliittymässä (Vägverket 2009).....	33
Kuva 10	Kuristuskaistan mitoitusohje LIVASU-78 mukaan (Pohjoismainen tietekninen liitto 1978).....	34
Kuva 11	Alankomaiden ohje pääsuunnan kaistoituksen lisäämisestä liittymän kohdalla (CROW 2009).....	34
Kuva 12	Mytjäisten liittymän järjestelyt Lahdessa ennen muutoksia. Lahden suunnasta suoraan etelään (kuvassa vasemmalle) johtavista kolmesta kaistasta vain yksi oli jatkuva, minkä lisäksi keskimäinen toimi kuristuskaistana ja oikeanpuoleinen johti linja-autopysäkeille. Keskimäistä kaistaa jatkettiin pari vuotta sitten noin 500 metriä.....	35
Kuva 13	Kuvan ramppiliittymissä on tulosuunnat kanavoitu, ryhmittymiskaistoja jatkettu sekä rakennettu vapaita oikeita liikennevalojen ohi.....	36
Kuva 14	Liittymän valo-ohjauksen tarve ajoneuvoliikenteen (A) ja suojatievalojen tarve jalankulkuliikenteen (B) perusteella (Tiehallinto 2001).....	38
Kuva 15	Jyväskylän eteläpuolella valtatiellä 9 maankäytön voimakas kasvu lisää merkittävästi eritasoliittymän liikennevirtoja sekä muuttaa niiden suuntautumista. Olemassa olevaan eritasoliittymään on suunniteltu kaksi uutta ramppia, joiden avulla eritasoliittymän välityskyky kasvaa erittäin merkittävästi.....	39
Kuva 16	Ramppiohjauksessa käytettäviä laitteita (Tielaitos 1991).....	40
Kuva 17	Ramppiohjausjärjestelmä Solnassa Klarastrandsledenillä, joka on yksi Tukholman pääväylistä. Järjestelmä toimii liikenneohjatusti ja optimoi ramppiohjauksen kiertoaikaa jatkuvasti. (Sätterlund 2004).....	40
Kuva 18	Tampereen läntisen kehätien työmaalla käytettiin ramppiohjausta (Korpela 2009).....	41
Kuva 19	Ramppiohjaus Tampereen läntisen kehätien työmaalla (Korpela 2009).....	41

Kuva 20	Pääväylältä tai pääväylälle vasemmalle kääntymisen ollessa kielletty ajoneuvojen täytyy kiertää kortteli määränpään päästäkseen. Kuvassa pääsuunnalta vasemmalle kääntyvät toimivat sinisen nuolen ja sivusuunnalta vasemmalle kääntyvät keltaisen nuolen mukaisesti.	45
Kuva 21	Halkaistussa kiertoliittymässä pääväylän liittymien vasemmalle kääntyvä liikenne kierrätetään oikean kautta.	46
Kuva 22	Jokeri-liikennevalojen toimintaperiaate (Helsinki 2004).	48
Kuva 23	Ennakkovalojen ansiosta joukkoliikenne voi ohittaa autojonon (Department for Transport 2003).	48
Kuva 24	Munkkiniemen aukion liikennevalo-ohituksen periaatekuva (vas., Tielaitos 1991) ja Pispalan valtatie liikennevalo-ohitus Tampereella (Tielaitos 1997).	49
Kuva 25	Kiihdytyskaistan mitoitus (Tiehallinto 2001).	50
Kuva 26	Keskinopeuden riippuvuus pysäkkivälistä (Transportforskningsdelegationen 1981).	51
Kuva 27	Risteysruudukkojen avulla voidaan ehkäistä ruuhkautumisesta aiheutuvia haitallisia heijastusvaikutuksia.	53

Taulukkoluetelo

Taulukko 1	Moottoriteiden pienten toimenpiteiden soveltuvuus eri ongelmiin yhdysvaltalaisen selvityksen mukaan (Margiotta ja Spiller 2009).	23
Taulukko 2	Pienten toimenpiteiden ensisijaiset käyttöalueet.	59

1 TYÖN SISÄLTÖ

1.1 Työn tavoitteet ja tutkimusmenetelmä

Ruuhkat erityisesti suurilla kaupunkiseuduilla ovat yleistyneet ja kasvaneet lisääntyneiden liikennemäärien myötä. Tässä selvityksessä on

- kartoitettu Suomen kaupunkien pääväylien keskeisimpiä sujuvuusongelmia,
- selvitetty läheisissä maissa liikenteen sujuvuuden parantamiseen käytettyjä pieniä toimenpiteitä ja
- arvioitu pienten toimenpiteiden soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin sekä näiden toimenpiteiden vaikutuksia. Pienten toimenpiteiden rajaus tässä selvityksessä on määritelty kappaleessa 1.4.

Työn aikana on haastateltu alan asiantuntijoita Suomesta nykyisten ongelmien ja käytössä olevien ratkaisujen kartoittamiseksi. Kirjallisuusselvityksen perusteella on kartoitettu pieniä toimenpiteitä sekä niiden vaikutuksia. Asiantuntijoita Ruotsista, Norjasta, Tanskasta, Alankomaista ja Saksasta on haastateltu lähimaissa käytössä olevien pienten toimenpiteiden käytön ja kokemusten osalta. Lähimaissa käytetyistä toimenpiteistä järjestettiin idearihi Helsingissä 3.12.2009, johon osallistui 13 liikennesuunnittelun asiantuntijaa Suomesta. Ideariihessä keskusteltiin pääosin ulkomailla käytössä olevien pienten toimenpiteiden soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin. Edellisten perusteella on laadittu tämä raportti, johon on kerätty käytössä olevia pieniä toimenpiteitä sekä esitetty suosituksia uusien pienten toimenpiteiden käyttöönotosta Suomessa.

1.2 Sujuvuus käsitteenä

Liikenteen sujuvuudella on useita ulottuvuuksia ja tavoitteita, jotka ovat osittain ristiriidassa keskenään. Näistä merkittävimpiä ovat:

- väylien välityskyky
- toimivuus
- turvallisuus
- liikenneverkko
- ympäristö

Välityskyky kertoo paljonko väylä pystyy välittämään liikennettä aikayksikössä, esimerkiksi ajoneuvoa tunnissa tai vuorokaudessa. Välityskyky riippuu mm. väylän geometriasta, kaistamäärästä ja -leveyksistä, nopeusrajoituksista, tasoliittymien määrästä ja ohjaustavasta, eritasoliittymien tiheydestä, raskaan liikenteen määrästä sekä kevyen liikenteen järjestelyistä.

Liikenteen toimivuudella on useita mittareita, mm. kuormitusaste, liikennemäärä, liikennetiheys, viivytykset, odotusajat, pysähdysten lukumäärä, jonopituus ja -kesto, matka-aika ja sen ennustettavuus sekä nopeustaso suhteessa tavoitenopeuteen. Saman väylän välityskyky voi olla korkea, mutta liikenteen toimivuus huono.

Liikenneturvallisuus on usein ristiriidassa esimerkiksi ajonopeus- tai välityskykytavoitteiden kanssa. Esimerkiksi korkeat nopeudet lyhentävät matka-aikoja, mutta lisäävät onnettomuuksia. Vastaavasti liikennevaloissa suojatun

vasemmalle kääntyvän vihreän vaiheen muuttaminen sekavaiheeksi liikennevaloissa lisää liittymän välityskykyä, mutta heikentää sen liikenneturvallisuutta.

Liikenneverkon ominaisuuksia ovat mm. alueiden saavutettavuus, suunnistettavuus sekä verkon kattavuus. Väylän välityskykyä voidaan esimerkiksi kasvattaa vähentämällä liittymiä tai rajoittamalla ajosuuntia, mikä kuitenkin heikentää alueiden saavutettavuutta sekä suunnistettavuutta. Verkon kattavuus liittyy saavutettavuuden lisäksi liikenteen vaihtoehtoihin ohjausmahdollisuuksiin häiriötilanteissa ja siten liikenteen haittojen vähentämiseen. Liikenneverkon käyttökelpoisuuteen liittyvät seikat kuten tekninen laatu, kunto tai hoitotaso eivät sisälly tähän selvitykseen.

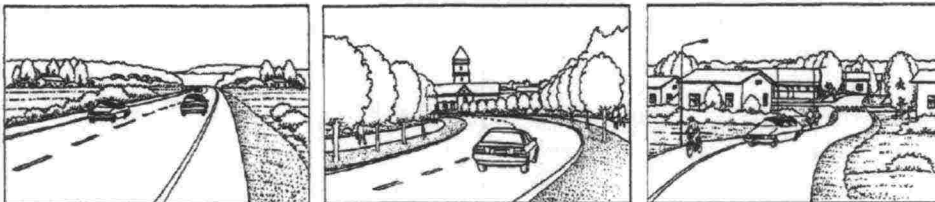
Ympäristön kannalta välityskyvyn lisääminen on usein ristiriitaista. Esimerkiksi lisäkaistojen rakentaminen vaatii tilaa, mutta toisaalta ruuhkien vähentäminen lisäkaistojen avulla saattaa vähentää melua ja pakokaasupäästöjä. Yhtenä vaarana on ajoneuvoliikenteen sujuvuuden parantuessa liikenteen määrän kasvaminen. Pääväyliä sujuvuuden parantuessa liikennettä voi siirtyä ei-toivotuilta reiteiltä pääväylille vähentäen haitallisia vaikutuksia muulla liikenneverkolla. Tässä selvityksessä ympäristövaikutuksia on arvioitu pääosin melun ja päästöjen perusteella.

1.3 Pääväylät kaupunkialueilla

Kaupunkien pääväylillä tarkoitetaan tässä selvityksessä rakennettujen alueiden ohikulku-, läpikulku- ja sisääntuloteitä. Ne palvelevat valtakunnallista ja seudullista liikennettä sekä kaupungin osa-alueiden, alueyksiköiden välistä liikennettä. (Tielaitos 1993)

Pääväyliä ominaisuuksia ovat (Tielaitos 1993):

- pääväylä on kaupunkirakenteen osa, mutta toiminnallisesti eroteltu maankäytöstä; pääväylällä ei ole tonttiliittymiä
- kevyt liikenne erotellaan pääväylillä aina ajoneuvoliikenteestä
- pysäköinti on pääväylillä pääsääntöisesti kielletty



Kuva 1 Maaseututie (vas.), kaupungin pääväylä ja paikalliskatu (Tielaitos 1993).

1.4 Pienet toimenpiteet

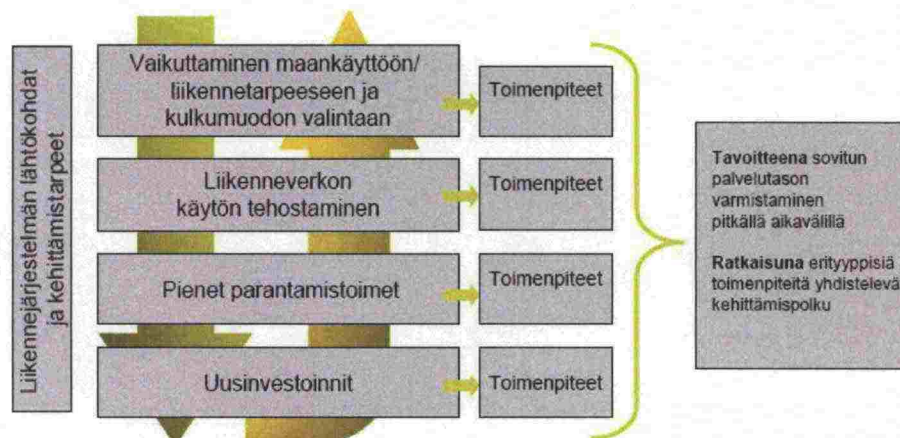
Pienen toimenpiteen rajauksena tässä selvityksessä on:

- vähäinen uusi tilantarve (esim. katu- tai liikennealueen riittävyys)
- toimenpiteen kustannukset ovat kohtuulliset
- pieni toimenpide voi olla myös tiejaksoa koskeva toimenpid kokonaisuus

Tässä selvityksessä käsitellään pääosin neliporrasperiaatteen kolmannen portaan toimenpiteisiin. Täten toimenpiteet ovat ensisijaisesti rakenteellisia. Poikkeuksen muodostuvat mm. pienemmät ei-rakenteelliset toimenpiteet kuten liikennerajoitteet ja häiriötilanteiden hallinta sekä osittain suuremmat toimenpiteet kuten vaihtuvasuuntaiset kaistat ja ramppien lisääminen. Nämä on sisällytetty selvitykseen potentiaalisina pääväylien sujuvuutta parantavina toimenpiteinä, joiden vaihtoehtoinen toteutustapa saattaisi olla huomattavasti laajempi ja kalliimpi.

Neliporrasperiaatteen tavoitteena on lisätä liikennejärjestelmänäköä sekä monipuolistaa keinovalikoimaa. Neliporrasperiaatteen soveltamiseen liittyy pienten askelten periaate, jossa pyritään turvaamaan tavoiteltava palvelutaso erityyppisiä keinoja yhdistämällä sekä välttämään pääoman sitominen pitkäaikaisen ylimääräisen kapasiteetin tuottamiseksi. Vaikka askeleittain toteutettuna kokonaisinvestointikustannukset saattavat olla kerralla toteutettua suurinvestointia suuremmat, pienten askelten tulee johtaa oikeaan suuntaan eli ne eivät saa olla tehottomia pitkällä aikavälillä. Tarveanalyysin pohjalta tarkastellaan ratkaisukeinoja neljässä vaiheessa (Pesonen ja Hillo 2007):

- ensimmäisellä portaalla on keinot, joilla vaikutetaan liikennetarpeeseen ja kulkumuotojen suhteeseen (mm. maankäytön vaihtoehdot, joukkoliikenteen järjestelyt, kevyen liikenteen edistäminen, liityntä-pysäköinti)
- toisella portaalla on keinot, joilla tehostetaan nykyisen liikenneverkon toimintaa (liikenteen hallinnan keinot, mm. nopeusrajoitukset, liikenteen ohjaus ja tiedotus mukaan lukien telematiikka, joukkoliikenteen sujuvuusjärjestelyt)
- kolmannella portaalla on pienet liikenneverkon parantamistoimenpiteet (mm. kaistajärjestelyt, lisäkaistat, liittymien parantaminen, liikennevalo-ohjaus, pienet väyläjärjestelyt, kevyen liikenteen väylien järjestelyt, joukkoliikenteen sujuvuuskohteet ja pysäkit, väylien rakenteen vähäinen parantaminen)
- neljännellä portaalla on suuret investoinnit (mm. uusien väylien rakentaminen, eritasoliittymien rakentaminen, suuret telematiikkainvestoinnit)



Kuva 2 Neliporrasperiaate (Tiehallinto).

1.5 Työn ulkopuolelle rajattua

Selvityksen ulkopuolelle on rajattu seuraavat pienet toimenpiteet:

- liikennevalojen ajoituksiin liittyvät yksityiskohtaiset toimenpiteet. Uusien liikennevalojen rakentaminen sekä liikennevalojen liikennetekninen huolto ja ylläpito kuitenkin sisältyvät selvitykseen.
- telematiikkatoimenpiteet
- nopeusrajoituksiin liittyvät toimenpiteet
- liikennepoliittiset ja lainsäädännölliset toimenpiteet

Yllä mainituilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa merkittävästi liikenteen sujuvuuteen pienilläkin investointikustannuksilla. Toimenpiteet on kuitenkin rajattu työn ulkopuolelle, koska niiden laajasta aihealueesta on laadittu erillisiä selvityksiä eivätkä ne ole neliporrasperiaatteen kolmannen portaan mukaisia pieniä toimenpiteitä.

Telematiikkatoimenpiteitä on kuitenkin käytetty osana toimenpidekokonaisuutta, mm. jonovaroitusta ja muuttuvaa nopeusrajoitusta erkanemiskaistan jonoutumisen haittojen vähentämisessä. Liikennevalojen ajoitusten päivittäminen on mainittu kustannustehokkaana toimenpiteenä menemättä laajan aihealueen yksityiskohtiin.

2 NYKYTILANTEEN ONGELMAT

2.1 Ruuhkatyypit

Ruuhkatyyppejä ovat Kalliokosken (2003) mukaan:

- ylikysyntäruuhkat
- viikonloppuruuhkat
- häiriöiden aiheuttamat ruuhkat
- muut ruuhkat

Ylikysyntäruuhkia esiintyy pääasiassa kaupunkiseuduilla säännöllisinä arkipäivän aamu- ja iltaruuhkina sekä yhteysväleillä lähinnä kesäviikonloppujen meno- ja paluuliikenteen aikoihin. Arkipäivien aamu- ja iltaruuhkat aiheutuvat pääasiassa työmatkaliikenteestä. (Kalliokoski 2003)

Viikonloppuruuhkissa yhteysvälit ruuhkautuvat erityisesti kesäviikonloppujen meno- ja paluuliikenteen aikoihin. Viikonloppuruuhkat sijaitsevat usein yhteysväleillä eli linkeillä. (Kalliokoski 2003)

Suurimmalla osalla Suomen tieverkkoa sujuvuusongelmat eivät aiheudu suurista liikennemääristä vaan yllättävistä häiriöistä. Yllättäviin paikallisiin ruuhkiin ovat syynä ennalta arvaamattomat häiriöt, kuten liikenneonnettomuudet, rikkoutuneet liikennevalot, huonot sääolosuhteet sekä väärin pysäköidyt tai rikkoutuneet ajoneuvot ja muut esteet ajoradalla. Tällaisen häiriön esiintyminen varsinaisena ruuhka-aikana tai juuri sitä ennen saattaa aiheuttaa liikenteen täydellisen tukkeutumisen. (Kalliokoski 2003)

Edellä mainittujen ruuhkatyyppien lisäksi esimerkiksi yleisötapaukset, ostoskeskukset, raja-asemat ja lossit aiheuttavat yksittäisiä ruuhkia. Pysäköintipaikkojen puutteesta johtuvat kiertely aiheuttaa myös ruuhkautumista. (Kalliokoski 2003)

2.2 Ruuhkautumisen syitä

Liikenteen ruuhkautumista voidaan selittää mm. väestön kasvulla, asutuksen keskittymisellä suuriin kaupunkeihin, yhdyskuntarakenteen hajaantumisella, joustamattomilla työajoilla sekä elintason ja autoistumisen kasvulla (Luttinen ym. 2005).

Liikennetiheyden kasvaessa kohti kriittistä tiheyttä ja sen yli, liikennevirran häiriöherkkyys kasvaa. Lopulta pienikin häiriö voi aiheuttaa ruuhkautumisen, jolloin väylän välittämä liikenne jää pienemmäksi kuin sille pyrkivä liikenne. Ruuhkautuminen näkyy jonojen kasvuna ja alentuneina nopeuksina. Ruuhkatilanteessa liikennemäärä laskee usein alle vakaiden olosuhteiden välityskyvyn. Vaikka liikennemäärä on alle tien välityskyvyn, hetkellisenkin häiriön aiheuttama ruuhkautuminen saattaa alentaa välityskykyä, jolloin ruuhkautuminen lisääntyy edelleen. (Luttinen ym. 2005)

Haastatteluissa tuli esiin seuraavia nykyisin esiintyviä ongelmaryhmiä pääväylillä:

- tasoliittymien ongelmat
- suuntaisliittymien ongelmat
- joukkoliikenteen ja joukkoliikenteestä aiheutuvat ongelmat
- kevyen liikenteen ja kevyestä liikenteestä aiheutuvat ongelmat
- raskaasta liikenteestä aiheutuvat ongelmat
- hitaasta liikenteestä aiheutuvat ongelmat
- liikennöintiolosuhteiden aiheuttamat ongelmat
- häiriöistä aiheutuvat ongelmat
- kapasiteetin muutuskohdista aiheutuvat ongelmat

Suomen kaupunkien pääväylien ongelmia kartoitettaessa haastatteluissa erityisesti valo-ohjatut tasoliittymät nostettiin esiin suurimpana ongelmaluokkana pääkaupunkiseudun ulkopuolella. Pääkaupunkiseudulla ruuhkautumiseen liittyvät ongelmat usein miellettiin ensisijaisesti kehäväyliin sekä eritasoliittymillä varustettuihin väyliin liittyviksi. Yhdeksi syyksi voidaan olettaa pääkaupunkiseudulla sisääntuloväylien tasoliittymien ruuhkautuneisuuden tiedostaminen ja "hyväksyminen". Välituskäyvän lisääminen keskustan suunnalla on erittäin ongelmallista, mistä johtuen parannustoimenpiteiden rakentamisen hyödyllisyys sisääntuloväylille on kyseenalaista.

2.2.1 Tasoliittymien ongelmia

Tasoliittymät aiheuttavat usein ruuhkautumista kaupunkien sisääntuloväylillä sekä kaupunkiseutujen sisäisillä pääväylillä. Valo-ohjatuissa liittymissä kaislojen vähyys sekä kääntymiskaistojen puute tai lyhyys alentaa välituskäykyä sekä kasvattaa jonopituuksia. Lyhyet liittymäväliä johtavat osittain pakotettuihin liikennevaloajoituksiin, jotka eivät ole optimaalisia välituskäyvän kannalta. Sen sijaan tällöin pyritään siihen, etteivät liittymäväliä täyty ajoneuvoista heijastaen liittymän ruuhkia muihin liittymiin. Tällöin vihreänkään vaiheen aikana ei päästä liikkumaan. Ideariivessä nousi esiin voimakas tarve kehittää liikennevalojen ajoitusten ylläpitoa. Tästä on kerrottu lisää kappaleessa 3.3.7.

Valo-ohjaamattomissa tasoliittymissä ruuhkautumista aiheuttavat edellisten lisäksi pääväylillä mm. liittymäjärjestelyjen epäselkeys sekä liittymän näkemäpuutteet. Edelliset johtavat epävarmuuden kautta alentuneeseen ajonopeuteen ja välituskäykyyn tasoliittymässä.

Kiertoliittymissä ruuhkautumista aiheuttaa mm. tulosuuntien liikennemäärän epätasapaino. Kiertoliittymään saapuva liikennevirta väistää kiertävää liikennevirtaa, mistä johtuen valo-ohjaamattoman kiertoliittymän kapasiteettia ei voida jakaa tasaisesti kaikille tulosuunnille tai priorisoida tulosuunnan tärkeyden perusteella. Kiertoliittymän ja valo-ohjatun liittymän paremmuus liittymämuotona on tapauskohtainen riippuen mm. liittymän liikennevirtojen suuntautumisesta, kevyen liikenteen tarpeista sekä väylän muiden liittymien ohjauksesta.

2.2.2 Suuntaisliittymien ongelmia

Suuntaisliittymissä on sallittu vain oikealle kääntyminen. Suuntaisliittymä on usein osa eritasoliittymää. Eritasoliittymästä suuntaisliittymän kautta väylälle liittyvällä liikenteellä tulee nykyohjeistuksen mukaan olla liittymiskaista, jonka avulla ajoneuvot saavat nostettua nopeuden lähelle väylän nopeustasoa ja siten pääsevät siten helpommin liittymään väylän liikennevirtaan. Vanhemmista suuntaisliittymistä liittymiskaista saattaa kuitenkin puuttua, minkä rakentaminen saattaa oleellisesti helpottaa sivusuunnan liittymistä pääliikennevirtaan.

Erkaneminen pääväylältä tapahtuu suuntaisliittymissä oikealle. Ramppiliittymän ruuhkautuminen aiheuttaa vaaratilanteita, mikäli jonopituus täyttää erkanemiskaistan ja erkaneva liikenne pysähtyy pääväylälle aiheuttaen suuria nopeuseroja sekä heikentäen merkittävästi liikenneturvallisuutta ja pääväylän välityskykyä. Tästä johtuen ramppiliittymän ryhmittymiskaistojen sekä erkanemiskaistan tulee olla riittävän pitkiä häiriöiden estämiseksi.

Sekoittumisalueilla ongelmaksi saattaa muodostua liian suuri pääväylälle liittyvän ja pääväylältä erkanevan liikenteen määrä, jolloin ristiin kulkeva liikenne etsii sopivaa väliä liikennevirrasta. Suuren sekoittuvan liikenteen alueilla sekoittumisalueiden sekä ramppipituuksien tulee olla riittävän pitkiä.

2.2.3 Joukkoliikenteen ongelmia

Joukkoliikenteen nopeus on tärkeimpiä joukkoliikenteen kilpailukykyyn vaikuttavia yksittäisiä tekijöitä. Lisäksi täsmällisyys, säännöllisyys ja luotettavuus ovat tärkeitä kilpailukykytekijöitä. Joukkoliikenteen nopeudessa ja sujuvuudessa keskeisimmät ongelmat ovat tällä hetkellä bussiliikenteessä, joka kärsii muun ajoneuvoliikenteen aiheuttamista ruuhkista. Pääkatujen pysäkeillä erityisesti pääkaupunkiseudulla bussiliikenne kärsii myös bussiliikenteen suuresta määrästä. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Joukkoliikenteen pysäkkitoiminnot hidastavat muuta liikennettä joukkoliikenteen hidastaessa pysäkillä saapuessaan sekä alle 70 km/h väylillä pysäkillä poistuessaan, koska lainsäädännön mukaan autoilijan on annettava linja-auton lähteä pysäkillä esteettä. Vastaavasti joukkoliikenne-etuudet valohjatuissa liittymissä lisäävät hieman muun liikenteen viivytyksiä. Joukkoliikenteen aiheuttamat viivytykset muulle liikenteelle ovat kuitenkin melko pieniä ja joukkoliikenteen etuudet ovat perusteltuja mm. suuremman matkustajamäärän sekä kulkumuodon tavoiteltavien positiivisten vaikutusten johdosta.

2.2.4 Kevyen liikenteen ongelmia

Kaupunkien pääväylillä kevyelle liikenteelle aiheuttavat ongelmia mm. verkolliset puutteet sekä verkon epäjatkuvuuskohtat. Epäjatkuvuuskohtia saattaa muodostua esimerkiksi kun liittymässä pyritään maksimoimaan ajoneuvoliikenteen välityskyky poistamalla suojatie. Lyhytkin matkapituuden kasvu saattaa johtaa kulkumuodon vaihtoon pois kevyestä liikenteestä, mikä edelleen saattaa lisätä ruuhkaisuutta.

Väylän suuntainen ja sen poikki kulkeva kevyt liikenne alentaa ajoneuvoliikenteen välityskykyä. Väylän suuntainen kevyt liikenne tulee pääväylillä erotella järjestelmällisesti ajoneuvoliikenteestä. Väylän poikki kevyttä liikennettä kulkee erityisesti tasoliittymissä. Valo-ohjatuissa tasoliittymissä kevyen liikenteen edellyttämät vihreät ajat saattavat monikaistaisilla väylillä olla melko pitkiä. Tällöin muulle ajoneuvoliikenteelle muodostuu usein ylimääräisiä viivytyksiä kevyen liikenteen vaiheen johdosta, vaikka kevyttä liikennettä ei olisi. Eritasoyhteyksien ja painonappien ym. tunnistimien avulla voidaan vähentää kevyestä liikenteestä aiheutuvia turhia viivytyksiä.

2.2.5 Raskaasta liikenteestä aiheutuvia ongelmia

Raskas liikenne hidastaa muuta liikennettä erityisesti jyrkissä mäissä, liikennevaloissa sekä suurinopeuksilla väylillä raskaan liikenteen ohittaessa muuta liikennettä ja toisiaan. Jyrkissä mäissä raskaan liikenteen ajonopeus laskee, minkä lisäksi raskas liikenne saattaa liukkaalla kelillä juuttua mäkiin alentaen merkittävästi välityskykyä tai tukkia koko ajosuunnan. Liikennevaloista raskaan liikenteen kiihdyttäminen on muuta liikennettä hitaampaa, mistä johtuen liikennevirta hidastuu ja raskaan liikenteen vihreään aaltoon pääseminen saattaa olla ongelmallista. Raskaan liikenteen ohitukset saattavat pienestä nopeuserosta johtuen kestää kauan, mistä johtuen väylä saattaa jonoutua.

2.2.6 Hitaasta liikenteestä aiheutuvia ongelmia

Hidas liikenne laskee pääväylillä ajonopeuksia alle tavoitenopeuden, mistä johtuen liikennevirrasta tulee epätasaista ja häiriöherkkää.

2.2.7 Liikennöintiolosuhteiden aiheuttamia ongelmia

Pääväylän liikennetilan ja liikenneympäristön ollessa väylän luokitusta heikompia saattavat liikennöintiolosuhteista aiheutuvat ongelmat vähentää välityskykyä ja liikenneturvallisuutta erityisesti yhteysväleillä eli linkeillä. Syinä saattavat olla esim. vaaka- tai pystygeometria, kaistaleveydet, pientareen kapeus ja ohitusmahdollisuuksien puute mäkisyyden tai kaarteisuuden johdosta. Edellisten tyypiset ongelmat ovat tyypillisiä kaupunkien ulkopuolella eivätkä ne siten sisälly tämän selvityksen rajaukseen.

2.2.8 Häiriöistä aiheutuvia ongelmia

Häiriötilanteet saattavat alentaa väylän välityskykyä merkittävästi, jolloin kapasiteetin äärirajoilla liikuttaessa ongelmat saattavat heijastua nopeasti hyvin laajalle alueelle. Häiriöitä ovat mm. liikenneonnettomuudet, kaatuneet kuormat, huonot sääolosuhteet, työmaat, väärinpysäköidyt ja rikkoutuneet ajoneuvot sekä muut esteet ajoradalla.

2.2.9 Kapasiteetin muutoskohdista aiheutuvat ongelmat

Kapasiteetin muutoskohdat ovat tyypillisiä pullonkauloja, jotka aiheuttavat ruuhkia. Esimerkiksi moottoriväylältä tasoliittymään tullessa väylän välityskyky tyypillisesti alentuu huomattavasti. Kaupunkien keskustoihin tultaessa lisäkapasiteetin rakentaminen on usein erittäin ongelmallista, jolloin liittymän parantaminen saattaa katuverkon välityskyvyn puutteesta johtuen vain siirtää ruuhkat seuraavaan pullonkaulaan.

2.3 Pienten toimenpiteiden rahoittaminen

Pienten toimenpiteiden rahoittaminen on usein ongelmallista, koska rahoitus järjestetään tyypillisesti perustienpidolla. Ideariihessä esitettiin, että pieniä toimenpiteitä rahoitettaisiin omasta budjetista tai teemapaketeilla. Yksi mahdollisuus olisi sisällyttää tähän neliporrasperiaatteen 1., 2. ja 3. portaan toimenpiteet, joista erityisesti kahden ensimmäisen portaan toimenpiteiden ongelma on muodostunut toimenpiteiden isännättömyys.

3 PIENIÄ TOIMENPITEITÄ SUJUVUUDEN LISÄÄMISEKSI

3.1 Pienten toimenpiteiden käyttö ulkomailla

Alla on lueteltu haastateltujen yksittäisten henkilöiden (liite 1) esittämiä lähi-
maissa käytettyjä pieniä toimenpiteitä. Osa toimenpiteistä on kuvattu tar-
kemmin kappaleissa 3.2-3.9.

Tukholman alueella pieniä toimenpiteitä rahoitetaan ruuhkamaksuilla. Vuosi-
en 2009-2011 välillä Tukholman alueella rakennetaan pieninä toimenpiteinä
pääosin joukkoliikennekaistoja (11 kpl), jotka liittyvät joko aiempien joukkoli-
kennekaistojen jatkamiseen tai laajentamiseen tai uusien joukkoliikennekais-
tojen toteuttamiseen. Yksi rakennettavista joukkoliikennekaistoista on vaih-
tuvasuuntainen. Muita useassa kohteessa käytettyjä pieniä toimenpiteitä
ovat kaistanjatko sekä jonovaroitus (3 kpl), teiden ja liittymien pieni paranta-
minen (3 kpl), liityntäpysäköinti (2 kpl), bussipysäkki (2 kpl) sekä lauttayhteys
(2 kpl). Yksittäisiä pieniä toimenpiteitä ovat liikenneinformaatioverkon täy-
dentäminen, liikennekamerat, liikennevalojen koordinointi, ylikulkukäytävä,
liittymiskaistan pidentäminen sekä ramppiohjaus. (Carlborg 2009)

Norjan haastatteluissa (Hauge 2009 ja Midttun 2009) pieninä toimenpiteinä
mainittiin mm. joukkoliikenne-etuudet valo-ohjatuissa liittymissä sekä telema-
tiikkatoimenpiteet. Lisäksi Norjassa joukkoliikenteen sujuvuutta on parannet-
tu kahdessa kohteessa muuttamalla kiertoliittymän yksi tulosuunta valo-
ohjatuksi. Kiertoliittymän osittaisesta valo-ohjauksesta lisää kappaleessa
3.3.2.

Alankomaiden haastattelussa (Boender 2009) pieninä toimenpiteinä mainit-
tiin mm. turbokiertoliittymien käyttö, kapeampien kaistojen käyttö, 2+1 ratkai-
sut sekä moottoriväylillä hälytysajoneuvojen kaistan käyttöoikeus ruuhka-
aikoina kaikelle liikenteelle.



Kuva 3 Alankomaissa turbokiertoliittymiä käytetään pienenä toimenpiteenä
(CROW 2009).

Yhdysvaltalaisen selvityksen (Margiotta ja Spiller 2009) mukaan Yhdysvalloissa moottoriteillä paljon käytettyjä pieniä toimenpiteitä ovat ramppiohjaus, lisäkaistojen rakentaminen sekä monimatkustajakaistat (ns. HOV-kaistat). Selvityksen mukaan moottoriteillä pienten toimenpiteiden käyttöön otossa keskeisiä kysymyksiä ovat:

- voidaanko pientarettä käyttää?
- voidaanko kaistoja kaventamalla saada lisää kaistoja?
- tuleeko uusien ramppien geometria olemaan ongelma?
- ovatko pituuskaltevuus ja näkemät ongelmia?
- mikäli pullonkaulaa ei voida parantaa, voidaanko sen aiheuttamia haittoja vähentää?

Taulukko 1 Moottoriteiden pienten toimenpiteiden soveltuvuus eri ongelmiin yhdysvaltalaisen selvityksen mukaan (Margiotta ja Spiller 2009).

Bottleneck Types	Mitigation Measures									
	Right Shoulder Conversion	Left Shoulder Conversion	Lane Width Reduction	Auxiliary Lanes	Collector-Distributor Road	Re-Stripping to Add More Narrow Lanes All Purpose Lane (Concurrent or Reversible)	HOV Lanes (Concurrent or Reversible)	Ramp Metering	Temporary Ramp Closures	Traveler Information
Heavy On-Ramp Demand	●	○	●	●	○	●	○	●	○	●
Weaving Sections	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●
Lane Drops	●	○	●	●	○	●	●	●	●	●
Tunnels and Bridges	○	○	●	○	○	○	●	○	○	●
Horizontal and Vertical Curves	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●
Narrow Lanes and Lateral Obstruction	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●
Inadequate Accelerated and/or Decelerated Lanes	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●

● = good solution ● = may be helpful ○ = not applicable

3.2 Linkkijärjestelyt

3.2.1 Lisäkaistat kaista- ja piennarkavennuksilla

Kaventamalla kaistoja sekä piennarta voidaan lähes samaan tilaan saada mahtumaan useampia kaistoja ja siten kasvatettua välityskykyä. Välityskyky kasvaa lähes samassa suhteessa kaistamäärien kasvuun. Kapeampia kaistoja käytettäessä voidaan käyttää kaistakohtaisia nopeusrajoituksia. Käyttökohteena ovat enintään 80 km/h väylät.

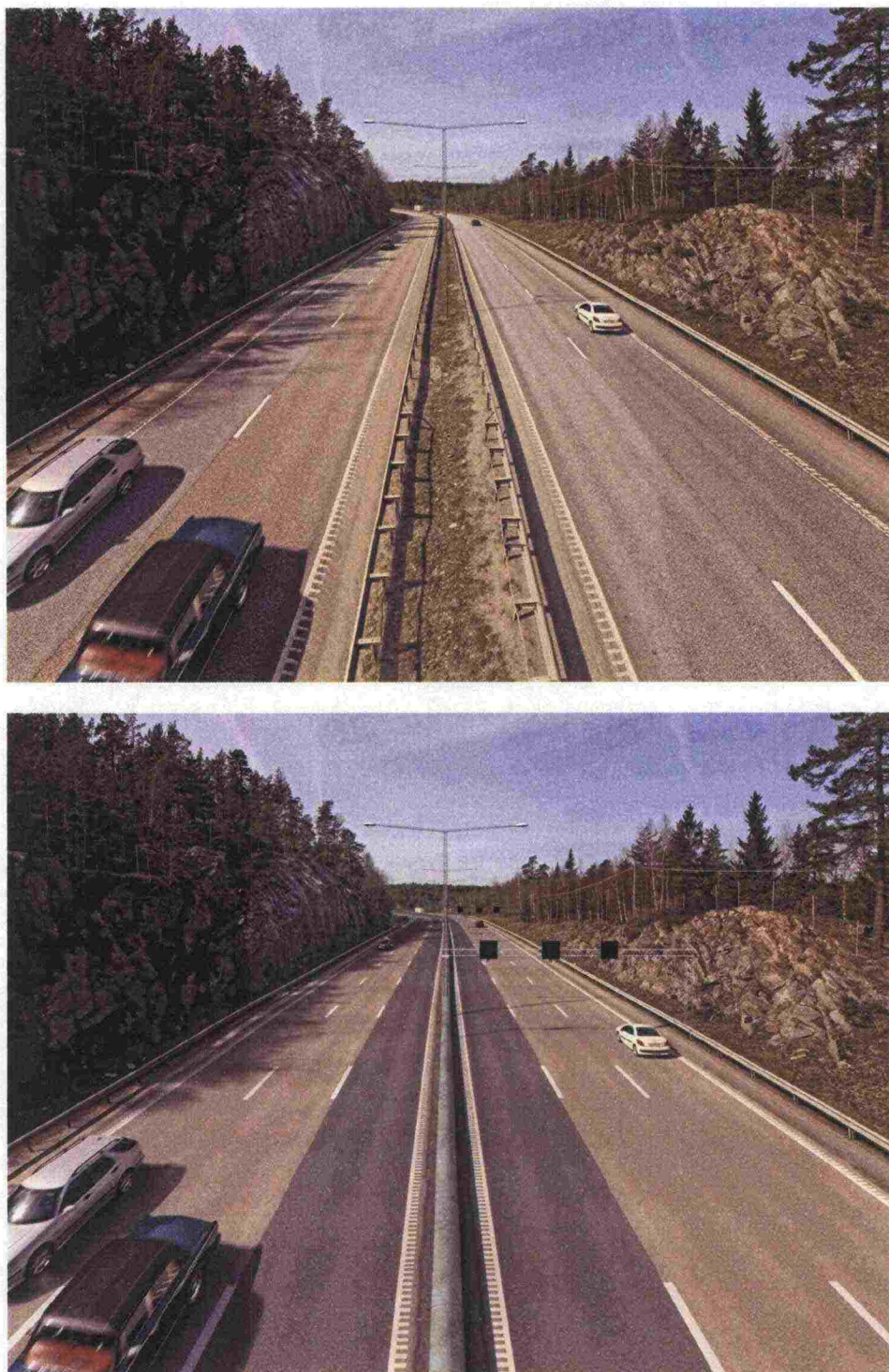
Kapeammat kaistat alentavat ajonopeuksia. Yhtenä kysymyksenä on heikeneekö turvallisuus pienenevien ajoneuvojen välien johdosta mm. talvella. Uudet kaistat voidaan haluttaessa osoittaa joukkoliikenteelle, jolloin edistään joukkoliikenteen sujuvuutta. Melu ja päästöt vähenevät ruuhkaisuuden vähentyessä, mutta toisaalta rengasmelu kasvaa ajonopeuden kasvaessa. Kapeampia kaistoja on käytetty yleisesti tietöiden yhteydessä, jolloin 30 km/h nopeusrajoituksen alueella on käytetty erittäin kapeita kaistoja. Yksi esimerkki tietyömaan kapeista kaistoista oli Hakamäentien ja Hämeenlinnanväylän liittymän parantaminen.

Esimerkkinä pientareen käytöstä Suomessa voidaan todeta Länsiväylän pientareiden käyttö joukkoliikennekaistoina 1980-luvulla aamuruuhkan aikana. Muina vuorokaudenaikoina joukkoliikennekaista toimi pientareena, mm. koska pientareen rakenteita ei ollut suunniteltu liikenteen käyttöön. Joukkoliikennekaistat merkittiin muuttamatta poikkileikkausta. Kokemukset bussi-pientareesta olivat hyviä. Länsiväylälle rakennettiin myöhemmin joukkoliikennekaistat.

Turunväylällä (vt 1) Espoossa Kehä II ja Kehä III välillä on todettu, että kolmannen kaistan toteuttaminen Tuomarilan ja Nihtisillan välillä Helsingin suuntaan lieenee järkevintä toteuttaa piennarleveyttä kaventamalla ja tiekaiteita lisäämällä, jolloin vältetään siltojen leventämiseltä. Vaihtoehtoa puoltaa halvempien kustannusten lisäksi se, että välillä Nihtisilta – Kehä I kolmas kaista on toteutettu samanlaista poikkileikkausta käyttäen. Toinen vaihtoehto olisi rakentaa lisäkaista täysleveällä pientareella, jolloin siltoja ja portaaleja jouduttaisiin jatkamaan tai uusimaan. (Tiehallinto 2003)

Ruotsissa on käytetty 3,0-3,5 metriä leveitä kaistoja, minkä lisäksi pientareiden käyttö on yleistymässä. Ruotsin poikkileikkausohjeessa on sallittu minimiratkaisuna Suomen ohjeita kapeampia kaistaleveyksiä. Kaistoilla ei tyypillisesti ole käyttörajoituksia. Vägverketillä on alkamassa projekti, jossa määritellään toimintalinjoja kapeampien kaistojen ja pientareen käyttöön. (Lindkvist 2009)

Alankomaissa ja Saksassa moottoriväylillä on käytetty kapeampia kaistoja vasemmalla puolella tietä, jossa raskaiden ajoneuvojen liikkuminen on kielletty. Lisäksi mm. Saksassa on sisääntuloväylillä tilanpuutteen johdosta käytetty kapeampia merkitsemättömiä kaistoja linkkiosuuksilla. Liittymien kohdalla kaistat on merkitty. (Boender 2009 ja Weber 2009) Kaistojen merkitsemättömyys saattaa johtaa epäselviin tilanteisiin esimerkiksi kolareissa korvausvelvollisuuden osalta.



Kuva 4 Havainnekuva kapeampien kaistojen käytöstä (Lindkvist 2009).

3.2.2 Vaihtuvasuuntainen kaista

Vaihtuvasuuntaisen kaistan tavoitteena on lisätä välityskykyä ruuhkasuunnalle, mutta olla tuomatta ylikapasiteettia ruuhkasuuntaa vastaan. Esimerkiksi kolmikaistaisella kaupungin sisään tuloväylällä kolmas kaista voisi olla kaupungin suuntaan aamuruuhkassa ja kaupungista poispäin iltaruuhkassa. Vaihtuvasuuntaiset kaistat voivat olla vaihtoehto, mikäli ei ole tilaa rakentaa lisäkaistoja molempiin suuntiin. Edellisten perusteella vaihtuvasuuntaiset kaistat voivat olla hyvä ratkaisu kaupunkien läheisyydessä.

Lisäkaistan avulla melu ja päästöt vähentyvät ruuhkasuunnan sujuvuuden parantuessa, mutta toisaalta ajonopeuden kasvaessa rengasmelu kasvaa. Liikenteen turvallisuus ja selkeys pyritään turvaamaan muuttuvalla opastuksella. Kevyen liikenteen turvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota vaihtuvasuuntaisen kaistan kohdalla. Vaihtuvasuuntainen kaista on kallis ratkaisu, mm. kaistan lisäksi portaaleja tarvittaneen noin 200-300 metrin välein. Myös ylläpidosta aiheutuu kustannuksia. Käyttöalueena ovat korkeintaan 60 km/h väylät. Vaihtuvasuuntaista kaistaa varten ei ole olemassa liikennemerkkiä Suomessa. Vaihtuvasuuntaisten ajokaistojen tiemerkinä ja liikennevalo-ohjausta koskevat säännökset on esitetty tieliikenne- ja liikennevaloasetuksissa.

Vaihtuvasuuntaisista kaistoista on hyviä kokemuksia Ruotsista ja Alankomaista. Esimerkiksi liikenneturvallisuuden osalta haastatteluiden mukaan ei ole ollut tavallisesta poikkeavia ongelmia. Ruotsissa vaihtuvasuuntaisia kaistoja on käytetty, kun ei ole tilaa rakentaa lisäkaistoja molempiin suuntiin. Haastatteluissa todettiin esimerkiksi, että 2+2 -kaistainen tie on edullisempi ratkaisu kuin kolmikaistainen tie, jossa yksi kaista on vaihtuvasuuntainen. Tämä johtuu mm. telematiikasta ja kaistaopastustarpeista. (Boender 2009 ja Lindkvist 2009)



Kuva 5 Havainnekuva vaihtuvasuuntaisesta kaistasta Tukholmasta (Winterberg 2010).

3.2.3 Monimatkustaja-ajoneuvokaista (HOV-kaista)

Erityisesti Pohjois-Amerikassa on käytössä monimatkustaja-ajoneuvoja palvelevia kaistajärjestelyjä (HOV-lane), joilla saavat kulkea ajoneuvot, joissa on tyypillisesti vähintään kaksi matkustajaa (High Occupancy Vehicle, HOV). Matkustajien määrää koskeva raja voidaan asettaa myös korkeammaksi. Kaluston koolle kaistalle ei ole asetettu rajoituksia. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

HOV-kaistojen käytöllä sekä niihin liittyvillä ratkaisulla (mm. HOV-pysäköinti, alennetut tullimaksut) pyritään suosimaan kimppekyytejä. Tämä on sopiva ratkaisu lähtökohtatilanteen ollessa "amerikkalaistyyppinen" ilman kehittyntä (subventoitua) bussiliikenteen tarjontaa ja sen merkittävää käyttöä. Useamman matkustajan avulla ajoneuvoa kohden pyritään parantamaan koko väylän henkilökuljetuskapasiteettia (henkilöä/kaista/aikayksikkö). On esitetty, että HOV-kaistan välityskyky on sama kuin yleisesti pitkähkön yksikaistaisen ajoradan (noin 1500 ajon./h) eli huomattavasti esimerkiksi moottoritietä alhaisempi (noin 2200 ajon./h) ajoneuvomääräisesti. Käytännössä on usein jääty tasoon 1000 ajon./h tai jopa sen alle. Vähän kuormitetut HOV-kaistat aiheuttavat närää ja kuormitusrikkomuksia tungoksessa matelevien autoilijoiden keskuudessa. (Tielaitos 1994)

HOV-kaistat parantavat uusien kaistojen myötä väylän liikenteen sujuvuutta, mutta heikentävät joukkoliikenteen sujuvuutta joukkoliikennekaistoihin verrattuna. Merkittävänä vaarana HOV-kaistojen käyttöönotolle on kaistojen väärinkäyttö ja siitä syntyvä valvontatarve. HOV-kaistajärjestely Suomessa edellyttää uutta liikennemerkkiä.

Suomessa HOV-kaistojen mahdollisia käyttökohteita voisivat olla esimerkiksi kaupunkien pääväylät, joissa joukkoliikenteen määrä on vähäistä, esimerkiksi Kehä I tai Kehä III. Erityinen ongelma Suomessa on sekä kysynnän että liikenneongelmien vähäisyys ja skaala (rajoittuneisuus ja kesto) (Tielaitos 1994).

Norjassa on ollut HOV-kaistoja kahdessa kohteessa, Trondheimissa ja Lillestrømissa. Trondheimin HOV-kaista on muutettu joukkoliikennekaistaksi arviointia varten. Norjassa HOV-kaistaratkaisu on periaatteessa joukkoliikennekaista, jossa on sallittu liikennemerkin mukaiset monimatkustaja-ajoneuvot. HOV-kaistoilla ei ole tavallisesta poikkeavaa kameravalvontaa Norjassa. Ratkaisu on siis hyvin erityyppinen kuin Amerikassa, jossa HOV-kaistat ovat tyypillisesti esim. betonikaiteella erotettuja muusta liikenteestä. Norjassa HOV-kaistat on rakennettu, koska linja-autoja on suhteellisen vähän ja halutaan kannustaa kimppekyytien käyttöön. HOV-kaistoja saavat Norjassa käyttää linja-autot, taksit, moottoripyörät, sähköiset ajoneuvot sekä ajoneuvot, joissa on vähintään liikennemerkeissä esitetty määrä matkustajia. (Hauge 2009) Alankomaissa käytössä ollut HOV-kaista on muutettu vaihtuvasuuntaiseksi kaistaksi (Boender 2009).

Suomen olosuhteissa Norjan tyyppinen HOV-kaistajärjestely nähdään amerikkalaistyyppistä erotettua ratkaisua parempana mm. ylläpitoisista.



Kuva 6 HOV-kaista Lillestrømistä Norjasta. Kuvan HOV-kaistaa saavat käyttää ajoneuvot, joissa on vähintään kolme matkustajaa (Hauge 2009).

3.3 Tasoliittymäjärjestelyt

3.3.1 Kiertoliittymä

Yksikaistaiset ja osittain monikaistaiset kiertoliittymät ovat lisääntyneet Suomessa voimakkaasti viimeisen vuosikymmenen aikana. Kiertoliittymä soveltuu parhaiten taajamiin ja taajamien porttikohtiin osoittamaan tien luonteen muuttumista. Yleensä kiertoliittymä parantaa sivusuuntien palvelutasoa ja koko liittymän toimivuutta. Parhaiten kiertoliittymä sopii liittymiin, joissa tulo-suuntien liikennevirtajakauma on melko tasainen.

Kiertoliittymä on liittymätyyppinä yleensä vaihtoehtoinen ratkaisu valo-ohjatulle tasoliittymälle. Valittava ratkaisu riippuu tavallisesti liikennevirtojen suuntautumisesta sekä väylän tasosta ja väylän muista liittymätyypeistä. Kiertoliittymät toimivat tyypillisesti ruuhka-aikojen ulkopuolella valo-ohjattuja liittymiä paremmin.

Kiertoliittymien eduksi on nähty erityisesti joustavuus, mutta yhtenä sen heikkoutena on nähty pääsuunnan merkityksen ja pääsuunnan matka-ajan kasvu valo-ohjaamattomaan liittymään verrattuna. Lisäksi kevyellä liikenteellä saattaa olla liikenneturvallisuusongelmia kiertoliittymästä poistuvan liikenteen kanssa. Kiertoliittymät vähentävät tavallisesti melua ja päästöjä valo-ohjattuun liittymään verrattuna.

Yksikaistaisen kiertoliittymän välityskykyä voidaan parantaa mm. rakentamalla kiertotilan ohittava kääntymiskaista oikealle kääntyvälle liikenteelle tai muuttamalla kiertoliittymä osittain kaksikaistaiseksi turbokiertoliittymäksi. Turbokiertoliittymässä ryhmitetään määränpään mukaan ennen liittymää ja voimakkaat liikennevirrat ohjataan useaa kaistaa pitkin liittymän läpi ilman kaistanvaihtoja kiertoliittymässä.

Kun kiertoliittymän tulosuunnan ja kiertävän liikenteen summa on alle 1500 ajoneuvoa tunnissa, on yksikaistainen kiertoliittymä tyypillisesti toimiva ratkaisu. Kaksikaistaisen kiertoliittymän vastaava välityskyky tulosuunnan ja kiertävän liikenteen summan osalta on noin 1700-2100 ajoneuvoa tunnissa. (Tuovinen ja Enberg 2009)



Kuva 7 Turbokiertoliittymässä voimakkaat liikennevirrat ohjataan useaa kaistaa liittymän läpi (CROW ja Province of Noord-Brabant 2009).

3.3.2 Kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus

Kiertoliittymän periaatteena on sujuva liikenne liikennesääntöjen ja liikenne-merkeillä osoitettujen liikennesääntöjen perusteella. Normaalisti kiertoliittymässä ei käytetä valo-ohjausta. Liikenteen kasvun ja ruuhkaantumisen myötä kiertoliittymien toiminta on saattanut epätasapainottua, kun yksi tai kaksi tulosuuntaa ovat "kaapanneet" kiertoliittymän välityskyvyn. Liikennevalo-ohjauksella voidaan kiertotilassa kulkevaan liikennevirtaan saada riittävän suuria aikavälejä, jolloin sivusuunnalta voidaan helpommin ajaa kiertoliittymään. Näin voidaan varmistaa liikenteen sujuvuus halutuilla tulosuunnilla. Samalla muiden tulosuuntien sujuvuutta heikennetään ja osa liikenteestä saattaa hakeutua korvaaville yhteyksille. Täten voidaan haluttaessa edistää esimerkiksi joukkoliikenteen sujuvuutta tai kevyen liikenteen turvallisuutta muun liikenteen kustannuksella.

Englannin kokemusten mukaan valo-ohjauksen avulla kiertoliittymän kapasiteetti saattaa kasvaa (Berg 2009). Kokonaan valo-ohjatut kiertoliittymät sopivat parhaiten suuriin monikaistaisiin kiertoliittymiin, joissa on tilaa liittymän sisäisille pysähdysviivoille. Pienen kiertoliittymän valo-ohjausta voidaankin ajatella usean tasoliittymän valo-ohjaamisena ja yhteenkytkemisenä, joka usein johtaa pakonomaisiin ratkaisuihin.

Valo-ohjaamalla kiertoliittymä tavoitellaan tyypillisesti jotain seuraavista asioista:

- katkomalla liikennevirtaa varmistetaan kaikille tulosuunnille pääsy kiertoliittymään
- ruuhkaisessa kiertoliittymässä priorisoidaan liikennevirtoja ja varmistetaan yhden tai tiettyjen tulosuuntien sujuvuus
- varmistetaan kevyen liikenteen turvallisuus suojatien valo-ohjauksella
- antaa joukkoliikenteelle (bussi, raitiovaunu) esteetön kulku liittymän läpi

Valo-ohjaamattomassa kiertoliittymässä kiertoliittymään saapuva liikenne väistää kiertävää liikennettä. Tästä johtuen kapasiteetin äärirajaa lähestyttäessä tyypillisesti kiertoliittymän tulosuunnilla on ruuhkautumisjärjestys toisin kuin esimerkiksi valo-ohjatuissa tasoliittymissä, joissa tavallisesti kaikille tulosuunnille pyritään järjestämään samankaltainen palvelutaso. Ruuhkautumisalttiille tulosuunnille voidaan varmistaa pääsy kiertoliittymään valo-ohjaamalla kiertoliittymä. Tällöin kiertävää liikennevirtaa katkotaan siten, että kaikki tulosuunnat pääsevät kiertoliittymään. Mahdolliset jonot kerätään ensisijaisesti kiertoliittymän ulkopuolelle.

Liikennevirtojen priorisointi liittyy edelliseen ratkaisuun, jossa varmistettiin kaikkien tulosuuntien pääsy kiertoliittymään valo-ohjauksella. Esimerkiksi ramppi liittymässä rampin tulosuunnan pääsy kiertoliittymään täytyy pystyä varmistamaan, jotta jonot eivät kasva pääväylälle heikentäen suurien nopeuserojen johdosta merkittävästi liikenneturvallisuutta sekä alenna merkittävästi pääväylän välityskykyä. Valo-ohjauksen avulla voidaan katkoa kiertävää liikennevirtaa, jotta rampin tulosuunta saadaan tyhjennettyä säännöllisesti ajoneuvoista. Vastaavasti merkittävillä väylillä vähemmän tärkeiden tulosuuntien vihreää aikaa voidaan rajoittaa tärkeämpien tulosuuntien sujuvuuden varmistamiseksi. Esimerkkinä voidaan todeta maankäytön (mm. kauppakeskukset) tulosuunnat pääväylille.

Kevyen liikenteen turvallisuus on kiertoliittymissä ongelmallinen erityisesti kiertoliittymästä poistuvan liikenteen osalta. Suojatiet voidaan muuttaa valo-ohjatuiksi, jolloin kevyelle liikenteelle voidaan muodostaa suojattu vihreä vaihe. Suojatien valo-ohjaus kiertoliittymässä heikentää tyypillisesti ajoneuvoliikenteen välityskykyä.

Kiertoliittymän osittainen valo-ohjaus

Kiertoliittymä voidaan valo-ohjata kokonaan tai vain osittain. Osittaisella valo-ohjauksella voidaan rajoittaa voimakkaan tulosuunnan pääsyä kiertoliittymään tai esimerkiksi turvata suojatieylitykset valo-ohjaamalla pelkästään suojatie. Valo-ohjaamalla kiertoliittymä vain huippukysynnän aikana voitaisiin vähentää viivytyksiä hiljaisemman liikenteen aikana.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen (2001) mukaan risteyksessä olevilla liikennevaloilla on niiden ollessa toiminnassa ohjattava kaikkia liikennesuuntia. Poikkeuksen voivat muodostaa tietyillä edellytyksillä mm. vähäliikenteinen tulosuunta, risteyksestä selvästi erotettu oikealle kääntyvä liikennesuunta, pyörätien opastimet sekä suojatiejärjestelyt. Saman asetuksen mukaan liikennevalojen tulee pääsääntöisesti olla aina toiminnassa. Jos liikenne on hyvin vähäistä, voidaan liikennevalot kuitenkin esimerkiksi kello 24–06 välisenä aikana kytkeä pimeäksi, jollei siitä aiheudu vaaraa. Osittain valo-ohjatun kiertoliittymän soveltamisesta on nykytilanteessa neuvoteltava Liikenne- ja viestintäministeriön kanssa esimerkiksi ramppiohjauksen periaatteilla toteutettuna.

Osittain valo-ohjatuista kiertoliittymistä on hyviä kokemuksia Ruotsista yhden tulosuunnan valo-ohjauksesta. Kiertoliittymän kapasiteettia on saatu kasvatettua sekä tärkeiden liikennevirtojen sujuvuus varmistettua priorisoinnin avulla. (Berg 2009)

Norjassa on Oslossa ja Stavangerissa rakennettu osittainen valo-ohjaus kiertoliittymään joukkoliikenteen sujuvuuden varmistamiseksi. Voimakkaita liikennevirtoja katkomalla on varmistettu joukkoliikenteen pääsy kiertoliittymään ja siten parannettu joukkoliikenteen täsmällisyyttä ja vähennetty joukkoliikenteen liittymäkohtaisia viivytyksiä jopa 50 %. Kiertoliittymän osittainen valo-ohjaus on päällä vain ruuhka-aikana, mistä tiedotetaan muuttuvalla opastuksella (kuva 8).

Oslossa valo-ohjauksen kiertoaika on noin 35 sekuntia. Liittymässä kokeiltiin lyhyempiä ramppiohjauksen kaltaisia kiertoaikoja, mutta nämä aiheuttivat aggressiivista ajoa voimakkaaseen kiihdytykseen heikentäen liikenneturvallisuutta. Vaikutuksia muun liikenteen haittoihin ei ole tutkittu laajasti. (Ramboll 2009 ja Midttun 2009) Helsingissä jokerivaloja on käytetty muuten valo-ohjaamattomassa kiertoliittymässä joukkoliikenteen sujuvuuden parantamiseksi. Jokerivaloista on kerrottu lisää kappaleessa 3.6.2.

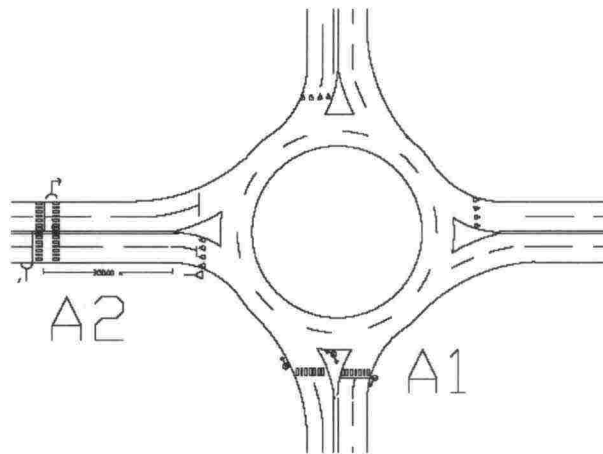


Kuva 8 Oslossa osittain valo-ohjatun kiertoliittymän valo-ohjaus on käytössä vain ruuhka-aikana. Valo-ohjauksen päällä ollessa muuttuvat liikennemerkit muistuttavat valo-ohjauksesta (Ramboll 2009).

Valo-ohjattu suojatie valo-ohjaamattomassa kiertoliittymässä

Ruotsissa on käytössä kiertoliittymiä, joissa muuten valo-ohjaamattoman kiertoliittymän läheisyydessä olevan suojatien valo-ohjaus käynnistetään, kun painonapeilta on saatu pyyntö. Pyyntöä jälkeen suoja-aikojen laskenta käynnistyy ja suojatie saa punaisen vaiheen kautta vihreän vaiheen. Vihreän vaiheen jälkeen suojatielle tulee punainen valo jonka jälkeen valot sammuvat. Täten suojatielle järjestetään suojattu vaihe esimerkiksi näkövammaisille, mutta turhia viivytyksiä ei synny ylimääräisillä, käyttämättömillä suojatien vihreillä vaiheilla. Suojatien valo-ohjauksen ollessa sammutettuna toimivat normaalit liikennesäännöt. Tukholman alueelle ei enää suunnitella kiertoliittymien yhteyteen uusia sammutettavia suojatievaloja, mutta olemassa olevat säilytetään. (Vägverket 2008)

Ruotsalaisen tutkimuksen (Vägverket 2009) mukaan pelkän suojatien valo-ohjaus voidaan järjestää kahdella tavalla (kuva 9): Valo-ohjattu suojatie on kiertoliittymän läheisyydessä tai yli 30 metrin päässä siitä. Tutkimuksen mukaan jälkimmäinen vaihtoehto (kuvassa vaihtoehto A2) on turvallisempi. Lisäksi tällöin kiertoliittymästä poistuvan liikenteen jonot eivät ruuhkauta niin nopeasti kiertoliittymän kiertävää liikennettä, koska jonoa voidaan kerätä linkille. Ruotsin kokemukset valo-ohjatuihin suojateihin muuten valo-ohjaamattomissa kiertoliittymissä ovat kuitenkin heikkoja. (Berg 2009)



Kuva 9 Suojatien valo-ohjauksen mahdollisuudet kiertoliittymässä (Vägverket 2009).

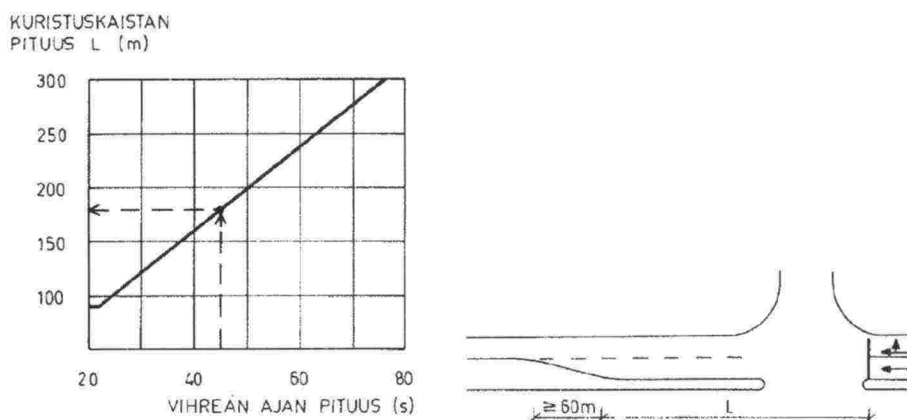
3.3.3 Kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän kohdalla

Lisäämällä kaistoitusta pääsuunnalle valo-ohjatun tasoliittymän molemmin puolin pyritään keräämään pääsuunnan ajoneuvot pullonkaulaliittymässä useammalle kaistalle, jolloin pääsuunnan vihreän ajan tarve liittymässä vähenee ja liittymän välityskyky kasvaa. Esimerkki ratkaisusta on 1+1-kaistaisen väylän leventäminen valo-ohjatun liittymän kohdalla 2+2-kaistaiseksi ja liittymän jälkeen väylän kaventaminen takaisin 1+1-kaistaiseksi. Toimenpiteen käyttöalueena ovat valo-ohjatut tasoliittymät esimerkiksi kaupunkien sisääntuloväylillä, joilla nopeusrajoitus on tyypillisesti 50–60 km/h.

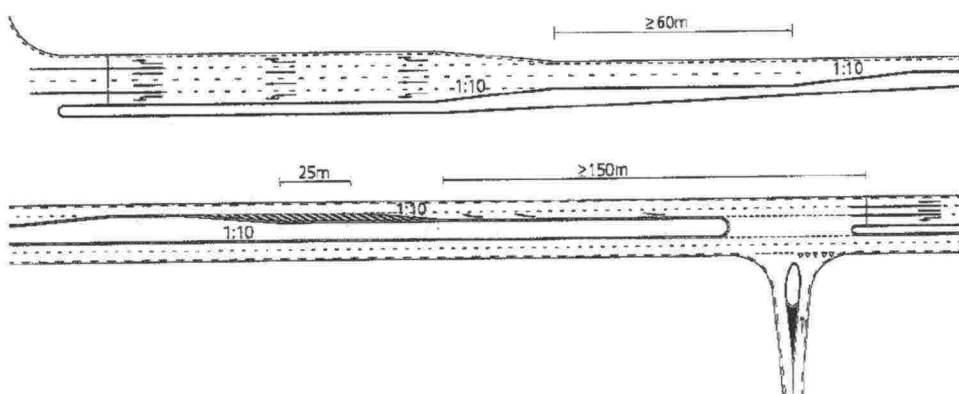
Ongelmana toimenpiteen käytössä on erityisesti liittymän jälkeen tarvittavan sekoittumisalueen pituus (ns. kuristuskaista). Liian lyhyt kuristuskaista johtaa päättävän kaistan tehostomaan käyttöön, mutta toisaalta liian pitkä kuristuskaista saattaa aiheuttaa kilpa-ajoa liikennevaloista nostaen ajonopeuksia ja heikentäen liikenneturvallisuutta. Suomessa vastaavien olemassa olevien liittymien liikenneturvallisuus ei ole noussut ongelmaksi.

Vanhan suomalaisen liikennevalojen suunnitteluohjeen mukaan kuristuskaistan pituus riippuu vihreän ajan pituudesta (kuva 10). Ruotsalaisen suunnitteluohjeen (Vägverket 2004) mukaan ryhmittyvän lisäkaistan tulee olla mitoitettavan tunnin 80 % jonopituuden mittainen. Sen tulisi olla vähintään 60 metriä pitkä lähinnä esteettisistä syistä. Kuristuskaistan tulisi olla ryhmittyvää lisäkaistaa pidempi sekoittumisen helpottamiseksi.

Alankomaiden suunnitteluohjeen (CROW 2009) mukaan kuristuskaistan tulisi olla alle 150 metriä pitkä, mikä vastaa vanhassa suomalaisessa ohjeessa vajaan 40 sekunnin vihreää aikaa pääsuunnalla. Ennen liittymää alkava pääsuunnan lisäkaista mitoitetaan jonopituuden perusteella.



Kuva 10 Kuristuskaistan mitoitusohje LIVASU-78 mukaan (Pohjoismainen tietekni-
nen liitto 1978).



Kuva 11 Alankomaiden ohje pääsuunnan kaistoituksen lisäämisestä liittymän koh-
dalla (CROW 2009).

Suomessa käytössä olevissa vastaavissa toimenpiteissä on usein ongelma-
na päättyvän kaistan tehoton käyttö. Erityisesti ruuhkattomissa olosuhteissa
ajoneuvot ryhmittyvät jatkuvalle kaistalle eikä päättyvän kaistan kapasiteettia
hyödynnetä. Toisaalta suurilla kaupunkiseuduilla erityisesti paikallinen lii-
kenne ruuhka-aikana käyttää päättyvää kaistaa jonon ohittamiseen. Toi-
menpide voidaankin nähdä joustavana ratkaisuna: vaikka ruuhka-aikanakin
vain 20 % suoraan kulkevasta liikenteestä käyttäisi päättyvää kaistaa, saat-
taa tämäkin vähentää suoraan kulkevien vihreän ajan tarvetta noin 20 % pa-
rantaen siten koko liittymän toimivuutta. Tämäkin saattaa olla riittävä toi-
menpide verrattuna vaihtoehtoihin, huomattavasti kalliimpiin toimenpiteisiin,
kuten pidemmän väyläosuuden nelikaistaistamiseen. Päättyvän kaistan te-
hoton käyttö liittyy myös sekoittumiseen, kun päättyvältä kaistalta jatkuvalle
palaavalle liikenteelle ei anneta tilaa.

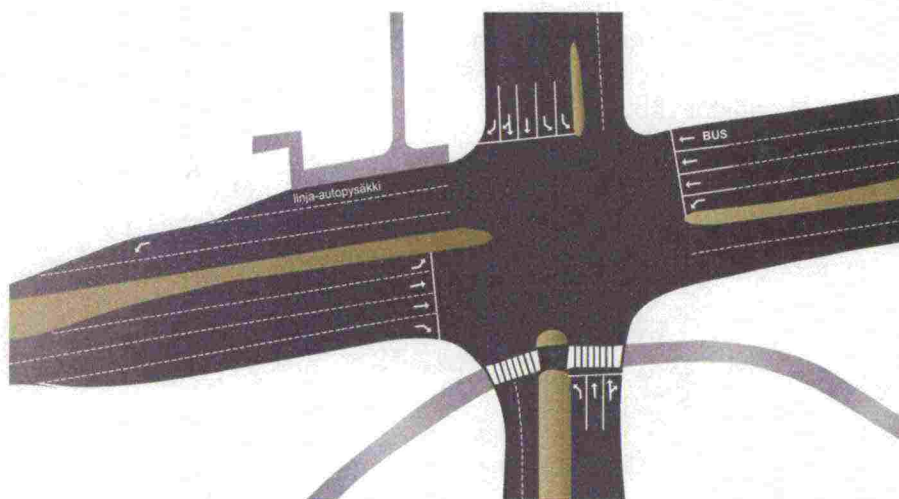
Järjestelyjen selkeyden takaamiseksi liittymän opastukseen ja merkintöihin
on kiinnitettävä huomiota. On suositeltavaa päättää vasen kaista, jolloin oi-
kea kaista on jatkuva eikä siten aiheuta yllätyksiä mm. vieraspaikkakuntalai-
selle liikenteelle. Vasen kaista voidaan opastaa esimerkiksi ajokaistan ylä-
puolisella viitalla ilman kohteen nimeä, jolloin se ymmärretään päättyväksi
kaistaksi.

Pääsuunnan kaistoituksen lisääminen tasoliittymässä kasvattaa pääsuunnan poikki kulkevan kevyen liikenteen ylitysmatkoja ja vihreän ajan tarvetta.

Ryhmittymis- ja kuristuskaistan rakentamiskustannusten taso on yhdellä suunnalla noin 100 000 – 200 000 euroa.

Kuristuskaistan rakentaminen pääsuunnalle mahdollistaa myös sivusuunnasta liittymisen useampaa kaistaa käyttäen. Täten vihreän ajan tarve vähenee edelleen ja liittymän toimivuus paranee.

Lahdessa toimenpiteestä on vähintään kohtuullisia kokemuksia ylikuormittuneista liittymistä, koska liittymien välityskyky on noussut toimenpiteen johdosta. Toimenpidettä on käytetty tilapäisenä ratkaisuna ennen kuristuskaistan jatkamista. Negatiivisena vaikutuksena on ollut ajoittaiset kiihdytykset jatkuvalle kaistalle pyrkimisen johdosta. Toimenpidettä käytettiin vuosikautia Mytjäisten liittymässä (vt 12, Hollolankadun liittymä). Nyt toimenpide on käytössä mm. Uudenmaankadun ja Uusi Orimattilantien liittymässä. (Räty 2009)



Kuva 12 Mytjäisten liittymän järjestelyt Lahdessa ennen muutoksia. Lahden suunnasta suoraan etelään (kuvassa vasemmalle) johtavista kolmesta kaistasta vain yksi oli jatkuva, minkä lisäksi keskimmäinen toimi kuristuskaistana ja oikeanpuoleinen johti linja-autopysäkillä. Keskimmäistä kaistaa jatkettiin pari vuotta sitten noin 500 metriä.

Toimenpidettä käytetään laajasti mm. Tanskassa ja Alankomaissa. Tanskassa liittymän jälkeen noudatetaan tyypillisesti vetoketjuperiaatetta nopeasti liittymän jälkeen eikä vasen kaista ole väistämisvelvollinen. Haastattelussa Tanskassa toimenpidettä todettiin käytettävän, kun parempaa menetelmää ei ole löydettävissä. Sen sijaan Alankomaissa vasen osoitetaan päättyväksi ja väistämisvelvolliseksi nopeasti liittymän jälkeen (kuva 11). Kokemukset Alankomaista ovat hyviä. (Boender 2009 ja Testmann 2009)

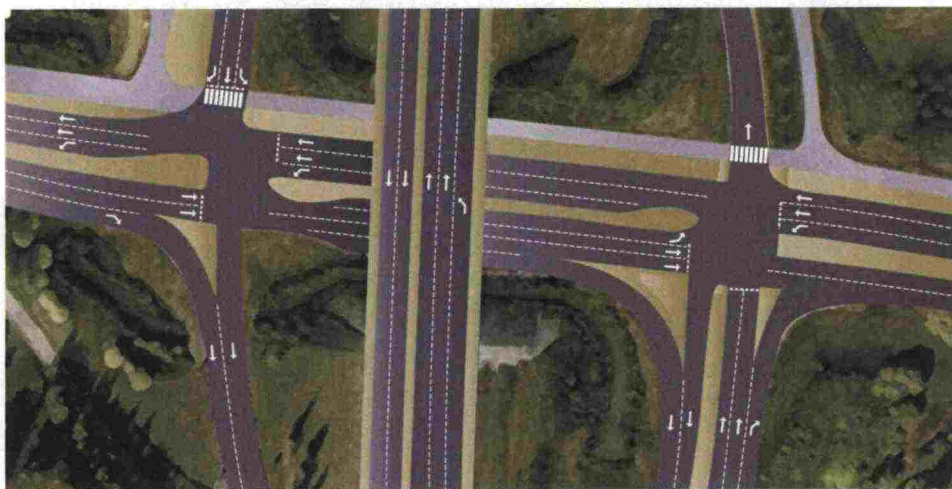
3.3.4 Liittymän kanavointi, ryhmittymiskaistojen jatkaminen ja valo-ohjatun liittymän vapaa oikea

Kääntymissuuntien kanavointien sekä ryhmittymiskaistojen jatkamisen avulla pyritään jakamaan liikenne useammalle kaistalle, jolloin esimerkiksi vasemmalle käännnyttäessä muuta liikennettä väistävä pysähtynyt liikenne ei estä suoraan kulkevaa liikennettä. Lisäksi useampien kaistojen johdosta liikenne pääsee vihreän vaiheen aikana nopeammin liittymän läpi vähentäen vihreän ajan tarvetta ja parantaen siten liittymän välityskykyä. Vapaiden oikeiden avulla liikenne voi kääntyä valo-ohjatussa liittymässä oikealle valo-ohjauksen ohi vähentäen turhia viivytyksiä. Käyttöalueena ovat valo-ohjatut tasoliittymät esimerkiksi kaupunkien sisääntuloväylillä, joilla nopeusrajoitus on tyypillisesti 50-60 km/h.

Järjestelyt voivat parantaa merkittävästi liikenteen välityskykyä liittymissä. Toimenpiteillä on seuraavia vaikutuksia:

- Toimivuus paranee vähentyvien viivytysten johdosta.
- Liikennejärjestelyt selkeytyvät kanavoinnin johdosta.
- Liikenneturvallisuus paranee peräänajovaaran vähentyessä sekä selkeytyneiden liikennejärjestelyjen johdosta.
- Kevyen liikenteen ylitykset pidentyvät uusien kaistojen myötä.
- Melu ja päästöt vähenevät ruuhkaisuuden vähentyessä.

Toimenpiteet ovat laajasti käytettyjä Suomessa ja niiden hyötökustannussuhde on tavallisesti korkea.



Kuva 13 Kuvan ramppi liittymässä on tulosuunnat kanavoitu, ryhmittymiskaistoja jatkettu sekä rakennettu vapaita oikeita liikennevalojen ohi.

3.3.5 Liittymän porrastaminen

Nelihaaraliittymän porrastamisella kahdeksi kolmihaaraliittymäksi tavoitellaan tavallisesti parempaa liikenneturvallisuutta, mutta toimenpide parantaa myös päätien liikenteen sujuvuutta. Nelihaaraliittymän porrastaminen vähentää liittymän tulosuuntia, jolloin havainnointi helpottuu ja valo-ohjatussa liittymässä vaiheiden määrä saattaa vähentyä. Edellisten johdosta liittymän välityskyky kasvaa, liikenneturvallisuus paranee sekä melu ja päästöt saattavat vähentyä. Suunnistettavuus saattaa heikentyä, mistä johtuen opastukseen on kiinnitettävä huomiota.

Liittymän porrastaminen voi olla edullista, mikäli katkaistavan tulosuunnan liikenne saadaan ohjattua esimerkiksi olemassa olevaa katuverkkoa pitkin muihin läheisiin liittymiin.

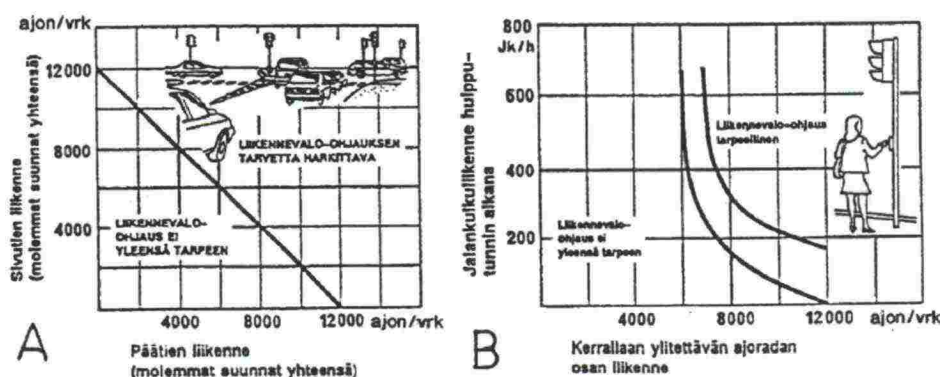
3.3.6 Liikennevalot

Tässä selvityksessä on käsitelty liikennevalojen ajoituksia koskevia toimenpiteitä ainoastaan uusien liikennevalojen rakentamisen tai liikenneteknisen ylläpidon ja huollon kannalta. Yksityiskohtaisemmat liikennevalojen ajoitusta ja adaptiivisuutta koskevat toimenpiteet on rajattu työn ulkopuolelle mm. aiheen laajuuden ja yksityiskohtaisuuden sekä muiden laadittujen selvitysten johdosta.

Liikennevalojen rakentaminen mahdollistaa risteävien liikennevirtojen sekä kevyen ja ajoneuvoliikenteen ajallisen erottelun toisistaan. Liikennevalo-ohjausta tulee yleensä harkita, kun liittymään saapuva kokonaisliikennemäärä vuorokaudessa on yli 12 000 – 15 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikennevalot sopivat parhaiten vilkkaisiin taajamaliittymiin. Liikennevalo-ohjauksella on seuraavia haittoja ja hyötyjä (Tiehallinto 2001):

- autoliikenteen ja kevyen liikenteen turvallisuus paranee
- onnettomuuksien vakavuusaste ja onnettomuuskustannukset pienenevät
- liittymän välityskyky voidaan jakaa eri tulosuunnille halutulla tavalla
- laajoissa liittymissä valo-ohjaus helpottaa liikennöintiä
- liittymissä on monia pylväitä ja valo-opastimia, jotka voidaan kokea maisemakuvaa huonontaviksi tai jotka huonosti sijoitettuna haittaavat raskasta liikennettä
- liittymä vaatii ammattihenkilön säännöllistä seurantaa ja kunnossapitoa sekä liikenteellisesti että teknisesti
- viivytykset ja ajoneuvokustannukset pääsuunnalla kasvavat. Liittyvän suunnan kustannukset riippuvat toimivuustekijöistä.
- pääsuunnan joukkoliikenteen sujuvuus heikkenee, jollei tehdä erityisratkaisuja

Liikennevalojen rakentaminen pääväylän nelihaaraliittymään maksaa tavallisesti noin 100 000 – 200 000 eur.



Kuva 14 Liittymän valo-ohjauksen tarve ajoneuvoliikenteen (A) ja suojatievalojen tarve jalankulkuliikenteen (B) perusteella (Tiehallinto 2001).

3.3.7 Liikennevalojen ajoitusten päivittäminen

Liikennevalojen ajoitusten päivittäminen on edullisesti toteutettavissa ja sillä voidaan parantaa merkittävästikin välityskykyä. Ideariihessä esitettiin ajatus liikennevalojen ajoitusten järjestelmällisemmästä suunnittelemisesta laajempina useiden liittymien tai väylien kokonaisuuksina.

Liikennevalojen ajoitus laaditaan palvelemaan mitoitettuja liikennemääriä. Useissa tapauksissa, erityisesti kunnissa ilman omia liikennevalosuunnittelijoita, liikennevalojen ajoitus ei kuitenkaan vastaa riittävästi nykyistä tilannetta. Ajoitus saattaa perustua vuosia sitten laskettuihin liikennemääriin tai jopa vuosien päässä oleviin ennusteliikennemääriin, jotka eivät vastaa nykytilannetta esimerkiksi muuttuneen maankäytön johdosta.

Liikennevalojen oikealla ajoituksella vähennetään viivytyksiä ja jonopituuksia sekä vähennetään melua ja päästöjä ruuhkaisuuden vähentyessä. Toteuttamiskustannukset ovat erittäin alhaisia koostuen ainoastaan suunnittelu-, ohjelmointi- ja käyttöönottokustannuksista. Käyttöalueena ovat valo-ohjatut tasoliittymät esimerkiksi kaupunkien sisääntuloväylillä, joilla nopeusrajoitus on tyypillisesti 50-60 km/h. Liikennevalojen ajoitusten päivittämisen suunnittelu ja käyttöönotto maksaa tavallisesti noin 5000 euroa.

3.4 Eritasoliittymäjärjestelyt

3.4.1 Eritasoliittymän täydentäminen lisärampilla

Lisärampin toteuttamisella olemassa olevaan eritasoliittymään pyritään paremmin palvelemaan voimakkaita liikennevirtoja ja siten myös vähentämään niistä aiheutuvia haittoja muulle liikenteelle. Esimerkiksi rampin suunnasta vasemmalle kääntyvä liikenne voidaan siirtää uuden rampin avulla oikealle kääntyväksi liikenteeksi ja mahdollisesti poistaa valo-ohjaus ramppi liittymästä. Käyttöalueena ovat väylät, joiden nopeusrajoitus on vähintään 60 km/h.

Rampin lisääminen saattaa kasvattaa erittäin merkittävästi liikenteen välityskykyä sekä liikenneturvallisuutta. Järjestelyjen selkeys ja suunnistettavuus riippuvat suunnittelukohteesta, mutta ne saattavat jopa heikentyä mikäli

ramppeja tulee liian tiheään. Joukkoliikenteen sujuvuus paranee välityskyvyn parantuessa, minkä lisäksi melu ja päästöt vähentyvät ruuhkaisuuden vähentyessä.

Rampin lisääminen olemassa olevaan eritasoliittymään saattaa olla suotuisassa kohteessa kustannuksiltaan pieni toimenpide ainakin verrattaessa mahdollisiin vaihtoehtoihin toteutustapoihin.



Kuva 15 Jyväskylän eteläpuolella valtatiellä 9 maankäytön voimakas kasvu lisää merkittävästi eritasoliittymän liikennevirtoja sekä muuttaa niiden suuntautumista. Olemassa olevaan eritasoliittymään on suunniteltu kaksi uutta ramppia, joiden avulla eritasoliittymän välityskyky kasvaa erittäin merkittävästi.

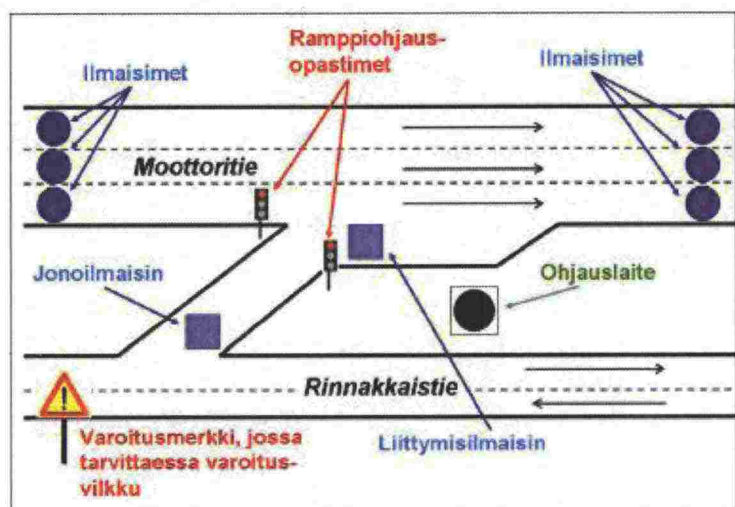
3.4.2 Ramppiohjaus

Ramppiohjausta sovelletaan moottoritien liittymisrampin ohjaukseen. Ramppiohjauksen tavoitteena on pitää pääväylän liikenne vuorokauden huipputunteina lähellä sen maksimivälityskykyä, mutta alle sen kriittisen arvon, jonka ylittyessä liikenne häiriintyy aiheuttaen jonoutumista ja shokkiaaltoja. Ramppiohjauksen ansiosta yksittäisellä ajoneuvolla on enemmän tilaa kiihdyttää rampilla ja etsiä pääväylästä sopivaa väliä, johon liittyä. (Pitkänen ym. 2005)

Ramppiohjaus on parhaimmillaan, jos päävirran liikennemäärä kaistaa kohden on huomattavasti suurempi kuin rampin. Lisäksi alavirrassa kokonaisliikennemäärän eli rampin ja päävirran liikennemäärien summan tulee olla lähellä väylän maksimivälityskykyä. Yksikaistaisen ramppiohjauksen käyttöalue on rampin liikennemäärän ollessa 240-900 ajoneuvoa tunnissa. Parhaimmillaan ramppiohjaus on rampin liikennemäärän ollessa 500-600 ajoneuvoa tunnissa. Kaksikaistaista ramppiohjausta käytetään, rampin liikennemäärän ollessa 900-1200 ajoneuvoa tunnissa. (Pitkänen ym. 2005)

Ramppiohjaus tasaannuttaa liikennevirtaa rampin liikenteen aiheuttamien haittojen vähentyessä, jolloin pääväylän ruuhkautuminen ja pakokaasupäästöt vähenevät sekä pääväylän matka-ajat lyhenevät. Lisäksi ramppiohjaus parantaa liikenneturvallisuutta merkittävästi. (Pitkänen ym. 2005) Ramppiohjaus ruuhkauttaa helposti sekundaaritien, jonka pääsyä rampille rajoitetaan. Tästä johtuen liikenne saattaa hakeutua ei-toivotuille yhteyksille.

Yksikaistaisen ramppiohjausjärjestelmän kustannuksiksi on eurooppalaisten kokemusten perusteella arvioitu 150 000 – 200 000 euroa, jotka aiheutuvat mm. laajoista ilmaisinjärjestelyistä. Suurimmat hyödyt saavutetaan aika- ja onnettomuussäästöjen muodossa. Toteutettujen ramppiohjausjärjestelmien hyöty-kustannussuhteet ovat olleet hyviä. (Pitkänen ym. 2005)



Kuva 16 Ramppiohjauksessa käytettäviä laitteita (Tielaitos 1991).

Ruotsissa ja Norjassa on käytössä muutamia ramppiohjauksia, joista vanhimmat ovat noin 15 vuoden ikäisiä. Alankomaissa ja Saksassa on käytössä kymmeniä ramppiohjauksia, joista on saatu päävirralle hyviä vaikutuksia. Sekundaaritie on kuitenkin ruuhkautunut helposti. Saksassa käyttö on kasvanut viimeisten vuosien aikana. (Boender 2009, Hauge 2009, Lindkvist 2009 ja Weber 2009)



Kuva 17 Ramppiohjausjärjestelmä Solnassa Klarastrandsledenillä, joka on yksi Tukholman pääväylistä. Järjestelmä toimii liikenneohjatusti ja optimoi ramppiohjauksen kiertoaika jatkuvasti. (Sätterlund 2004)

Suomessa Tampereen läntisen kehätien työmaalla vuonna 2005 oli käytössä ruuhka-aikana ramppiohjaus Pirkkalassa Säijän eritasoliittymässä. Ramppiohjaus järjestettiin aikaohjatusti, toisin sanoen ramppiohjaus ei reagoinut liikennevirran muutoksiin kuten jatkuvasti käytössä olevissa ramppiohjauksissa. Kiertoaikana käytettiin noin 10-15 sekuntia, joista vihreän vaiheen osuus oli 1-2 sekuntia. Ramppiohjauksesta saatiin erittäin hyviä kokemuksia: päävirran kokonaisvälityskyky nousi huomattavasti ja pääsuunta toimi hyvin. Sekundaaritielle muodostui ruuhkaa, mistä johtuen ramppiohjauksesta tuli valituksia joukkoliikenteen viivytyksistä sekä tehtiin reittimuutoksia. Kokemusten perusteella ramppiohjaus koetaan hyväksi ratkaisuksi maaseutumaisessa ympäristössä, jossa on selkeä pääsuunta. (Korpela 2009)



Kuva 18 Tampereen läntisen kehätien työmaalla käytettiin ramppiohjausta (Korpela 2009).



Kuva 19 Ramppiohjaus Tampereen läntisen kehätien työmaalla (Korpela 2009).

3.4.3 Erkanemiskaistojen jatkaminen

Ramppiliittymien jonojen kasvamista pääväylälle voidaan ehkäistä rakentamalla ramppiliittymiin riittävän pitkiä ryhmittymiskaistoja sekä jatkamalla erkanemiskaistojen pituutta. Näiden avulla

- parannetaan liikenteen sujuvuutta erityisesti pääväylällä,
- lyhennetään ramppiliittymän jonoja sekä niiden aiheuttamia haitallisia heijastusvaikutuksia pääväylälle,
- parannetaan liikenneturvallisuutta vähentämällä pääväylän peräänajoriskiä,
- selkeytetään liikennejärjestelyjä erityisesti ruuhkatilanteissa,
- ryhmittymiskaistojen avulla parannetaan joukkoliikenteen sujuvuutta reittien tai pysäkkien sijaitessa rampeilla sekä
- vähennetään melua ja päästöjä ruuhkaisuuden vähentyessä.

Ruuhkautumisherkissä kohteissa liikenteen sujuvuutta ja erityisesti liikenneturvallisuutta voidaan parantaa yhdistämällä pidemmät erkanemiskaistat jonovaroitusten ja muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöön. Nopeusrajoitusta lasketaan ennen ruuhkautumista jolloin liikennevirta tasaantuu ja välityskyky saattaa kasvaa mahdollisesti estäen tai lyhentäen ruuhkan kestoa. Lisäksi jonovaroitusten avulla huomautetaan peräänajovaarasta.

Pääkaupunkiseudulla on kohteita, joissa erkanemiskaistoja on jatkettu yli kilometrin mittaisiksi. Ruotsissa ainakin Tukholmassa ja Göteborgissa on käytössä 1-2 kilometrin mittaisia erkanemiskaistoja (Lindkvist 2009). Kööpenhaminassa ruuhkavaroituksia on säännöllisesti portaaleissa.

Nykyisen ohjeistuksen mukaan rampeilla tulisi olla liittymiskaista pääväylälle. Puuttuvien liittymiskaistojen rakentaminen saattaa oleellisesti parantaa liittymistä pääväylälle. Ohjeita pidempien liittymiskaistojen toteuttaminen saattaa nostaa nopeustasoa ja siten heikentää liikenneturvallisuutta eikä ole siten suositeltavaa.

3.5 Liikennerajoitteet

3.5.1 Raskaan liikenteen rajoitukset

Raskaan liikenteen rajoituksilla on tavoitteena estää ajonopeutta laskevia tapahtumia sekä siten harmonisoida liikennevirtaa. Toimenpiteen johdosta

- liikenteen välityskyky saattaa kasvaa tasaisemman liikennevirran johdosta,
- häiriöherkkyys ja liikenneturvallisuus parantuvat yllättävien tilanteiden (mm. nopeuden lasku ja raskaan liikenteen kaistanvaihdot) vähentyessä,
- raskaan liikenteen matka-ajat heikkenevät,
- reittikiellot heikentävät raskaan liikenteen osalta alueiden saavutettavuutta ja matka-aikaa sekä
- melu ja päästöt vähenevät kiihdytysten ja jarrutusten vähentyessä.

Raskaan liikenteen rajoituksia voivat olla raskaan liikenteen vasemmanpuoleisen kaistan käyttökielto tai raskaan liikenteen reittikielto. Raskaan liikenteen kaistan käyttökiellolla estetään raskasta liikennettä käyttämästä va-

semmanpuoleista kaistaa, jolloin kaistan ajonopeus säilyy korkeampana. Raskaan liikenteen käyttäessä vasemmanpuoleista kaistaa esim. toisen raskaan ajoneuvon ohittamiseen, saattaa ohittaminen alhaisesta nopeuserosta johtuen kestää huomattavasti normaalia ohitusta kauemmin ja siten aiheuttaa jonoutumista raskaan liikenteen takana. Kuorma-autojen ohituskielto on Suomessa käytössä tunneleissa. Lisäksi moottoritiellä saa kuorma-autoa tai yli 7 metrin pituista ajoneuvoyhdistelmää kuljettaa vain jommallakummalla kahdesta oikeanpuoleisesta ajokaistasta ellei opastusmerkeillä ole muuta osoitettu.

Raskaan liikenteen ohituskiellon vaikutuksia on tutkittu pääkaupunkiseudulla Kehä III:lla Pakkalan ja vt 3 välillä. Simulointien mukaan ohituskiellolla ei ollut merkittävää vaikutusta liikenteen sujuvuuteen tai välityskykyyn tarkastelualueella. Todettiin kuitenkin, että toimenpiteellä voidaan saavuttaa muita positiivisia vaikutuksia kuten

- raskaan liikenteen kaistanvaihtolanteisiin liittyvien häiriötekijöiden vähentyminen, mikä parantaa liikenneturvallisuutta sekä vähentää häiriöherkkyyttä sekä
- raskaan liikenteen onnettomuuksien ja teknisten ongelmien tai olosuhteiden aiheuttamien ongelmien keskittyminen oikeanpuoleiselle kaistalle, jolloin häiriötilanne on todennäköisesti helpompi ja nopeampi hoitaa. (Nevala 2008)

Haastatteluissa tuli esiin seuraavia raskaan liikenteen ohituskieltoja lähi- maista:

- Ruotsissa on ruuhka-aikana raskaalla liikenteellä väyläkohtainen ohituskielto (Lindkvist 2009).
- Tanskassa ja Saksassa on raskaan liikenteen ohituskieltoja mm. ylämäissä.
- Alankomaissa 2+2 -kaistaisilla moottoriväylillä on raskaan liikenteen ohituskieltoja. Yli nelikaistaisilla väylillä raskas liikenne saa käyttää vain kahta oikeanpuoleista kaistaa (Boender 2009).
- myös Saksassa on raskaan liikenteen ohituskieltoja.

Reittikielto voi olla voimassa esimerkiksi vain ruuhka-aikoina. Esimerkiksi Saksassa raskaan liikenteen liikennöintiä keskustoissa on rajoitettu vastavilla toimilla (Weber 2009). Myös Ruotsissa on käytössä aikarajoitettuja tai täysin kiellettyjä reittejä raskaalle liikenteelle (Carlborg 2009).

3.5.2 Hitaan liikenteen rajoitukset

Hitaan liikenteen määrä on viime vuosina kasvanut mopoautojen yleistymisen myötä. Hitaan liikenteen rajoituksilla on raskaan liikenteen rajoitusten tapaan tavoitteena estää ajonopeutta laskevia tapahtumia sekä harmonisoida liikennevirtaa nostaen siten väylän välityskykyä. Vaikutukset ovat raskaan liikenteen rajoitusten mukaisesti:

- liikenteen välityskyky kasvaa tasaisemman liikennevirran johdosta,
- liikenneturvallisuus paranee yllättävien tilanteiden (mm. nopeuden lasku) vähentyessä,
- reittikiellot heikentävät hitaan liikenteen osalta alueiden saavutettavuutta ja matka-aikaa sekä
- melu ja päästöt vähenevät kiihdytysten ja jarrutusten vähentyessä.

Hitaalle liikenteelle voidaan asettaa reittikielto. Hidas liikenne ei saa käyttää moottoriteitä.

Alankomaissa on käytössä hitaan liikenteen reittirajoituksia suurilla väylillä ja Saksassa on käytössä reittirajoituksia mm. kaupunkien ohitusteillä, jolloin hidas liikenne voi kulkea kaupungin läpi. (Boender 2009 ja Weber 2009)

3.5.3 Kääntymiskiellot liittymissä

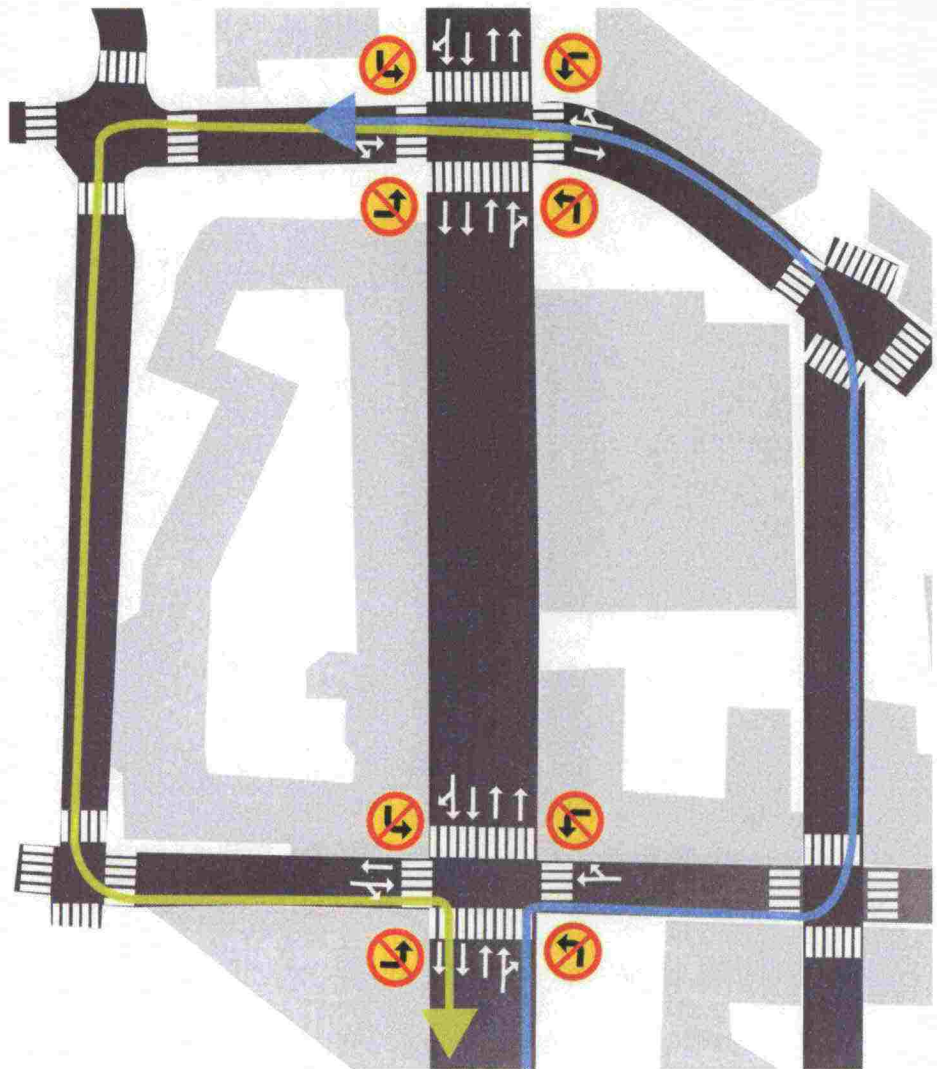
Kääntymiskiellojen tavoitteena on parantaa liikenteen sujuvuutta ja välityskykyä kieltämällä voimakkaasti kuormitetun liittymän ongelmallisia kääntymissuuntia sekä ohjaamalla nämä muita reittejä. Kääntymiskiellojen käyttömuotoja ovat mm. vasemmalle kääntymisen kieltäminen sekä yksisuuntaisuus sivusuunnalla.

Kääntymiskiellot tämän selvityksen mukaisilla pääväylillä ovat ongelmallisia suunnistettavuuden ja liikennejärjestelyjen selkeyden heikkenemisen johdosta. Pääväylillä liikennejärjestelyjen tulisi ainakin pääliittymissä olla erittäin selkeitä. Lisäksi kääntymiskiellot aiheuttavat reittimuutoksia kasvattaen liikennesuoritetta. Järjestelyistä saadaan kuitenkin seuraavia hyötyjä:

- liikenteen välityskyky paranee valo-ohjatuissa liittymissä vaiheiden poistumisen ja suoja-aikojen vähentymisen johdosta,
- pääsuunnan suuntaisen joukkoliikenteen matka-ajat nopeutuvat,
- kevyen liikenteen ylityspituudet saattavat lyhentyä kaistojen vähentyessä sekä
- melu ja päästöt vähentyvät ruuhkaisuuden vähentyessä.

Vasemmalle kääntyminen on tyypillisesti ongelmallisin liikennevirta tasoliittymässä, koska tällöin estetään tavallisesti liittymän suuria liikennevirtoja (mm. suoraan kulkeva liikenne) liikennöimästä samanaikaisesti. Esimerkiksi kieltämällä vasemmalle kääntyminen, voidaan mahdollisesti poistaa valo-ohjatusta liittymästä yksi vaihe ja siten antaa muille tulosuunnille lisää vihreää aikaa parantaen koko liittymän välityskykyä. Toimenpide on yleisesti käytetty kaduilla keskisuurien ja suurien kaupunkien keskustoissa.

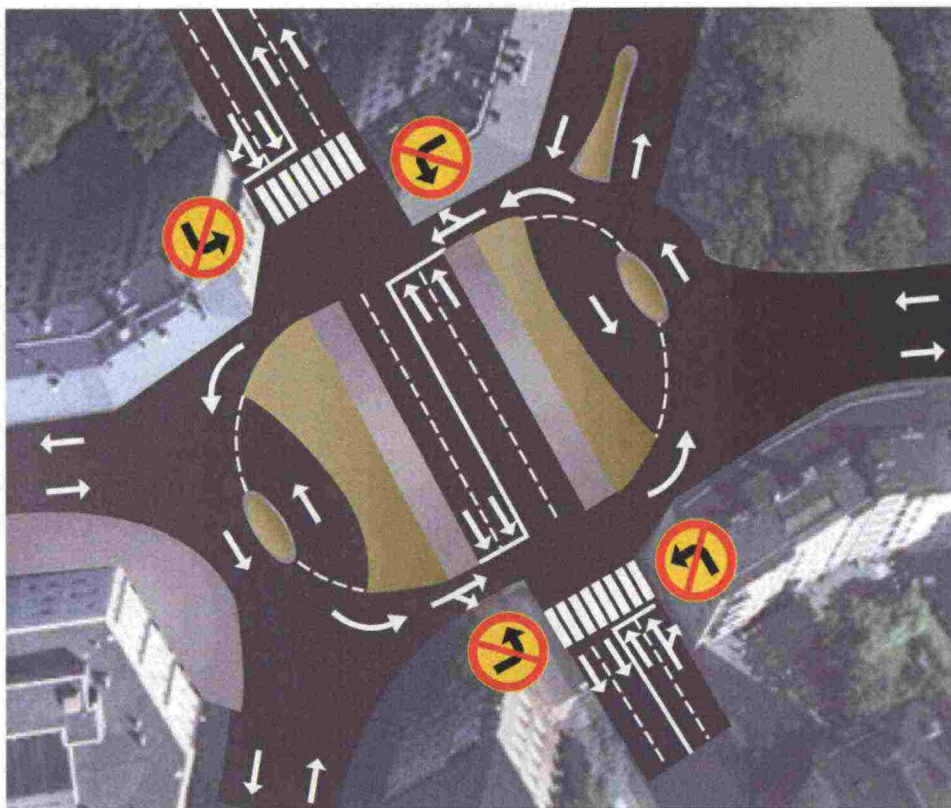
Pääsuunnalta vasemmalle kääntymisen kieltäminen voidaan ohjata espanjalaisen silmukan tapaan kääntymällä pääsuunnalta oikealle, kiertämällä kortteli ja ajamalla sivusuunnalta suoraan pääsuunnan yli (kuva 20, sininen nuoli). Vastaavasti sivusuunnasta vasemmalle kääntyminen voidaan kieltää, jolloin vasemmalle pyrkivän liikenteen tulee ajaa liittymän läpi suoraan, kiertää kortteli ja liittyä pääsuuntaan oikealle (kuva 20, keltainen nuoli).



Kuva 20 Pääväylältä tai pääväylälle vasemmalle kääntymisen ollessa kielletty ajoneuvojen täytyy kiertää kortteli määränpään päästäkseen. Kuvassa pääsuunnalta vasemmalle kääntyvät toimivat sinisen nuolen ja sivusuunnalta vasemmalle kääntyvät keltaisen nuolen mukaisesti.

Toinen vasemmalle kääntymisen kiellon mahdollisuus on Yhdysvalloissa paljon käytetty järjestely, jossa vasemmalle haluttaessa käännetään ensin oikealle ja sitten esimerkiksi liikennevaloissa tai kiertoliittymässä tehdään u-käännös. U-käännöksen tekeminen liikennevaloliittymässä vaatii paljon tilaa, minkä lisäksi u-käännös koetaan hankalaksi järjestelyksi. Ideariihen perusteella tämänkaltaisen järjestelyn käyttäminen ei ole suositeltavaa. Sen sijaan kiertoliittymässä u-käännöksen tekeminen ei ole tyypillisesti ongelmallista, jolloin muiden läheisten liittymien kääntymissuuntia voidaan rajoittaa ja kiertoliittymää käyttää u-käännöksen tekoon. Turbokiertoiliittymissä u-käännöksen teko saattaa kuitenkin olla ongelmallista. Suunnistettavuus ja järjestelyjen selkeys kuitenkin heikkenevät toimenpiteen myötä.

Halkaistussa kiertoliittymässä on kielletty vasemmalle kääntyvät liikennevirrat. Halkaistun kiertoliittymän läpi kulkevan pääväylän valo-ohjaus voidaan rakentaa mahdollisimman yksinkertaiseksi välityskyky maksimoiden.



Kuva 21 Halkaistussa kiertoliittymässä pääväylän liittymien vasemmalle kääntyvä liikenne kierrätetään oikean kautta.

Väylien yksisuuntaisuus vähentää valo-ohjatuissa liittymissä tulosuuntien vähentyessä todennäköisesti myös vaiheiden määrää ja suoja-aikoja lisäten siten liittymän välityskykyä. Esimerkiksi kaupunkien pääkaduilla sivusuunnat ovat usein yksisuuntaisia katupareja, jolloin korvaava yhteys löytyy läheltä.

3.6 Joukkoliikenne

Joukkoliikenne-etuuksien tavoitteena on mm. nopeuttaa joukkoliikenteen kulkua ja parantaa joukkoliikenteen täsmällisyyttä. Lisäksi joukkoliikenteen positiivisten vaikutusten kautta voidaan saada vähennettyä muuta liikennettä ja siten parannettua väylän liikenteen sujuvuutta. Joukkoliikenne-etuuksien toteuttaminen saattaa kuitenkin myös heikentää muun liikenteen sujuvuutta mm. kasvavien viivytysten kautta.

3.6.1 Kaistajärjestelyt

Joukkoliikennekaistojen toteuttaminen parantaa joukkoliikenteen nopeutta ja säännöllisyyttä 15-20 % (Ojala ja Pursula 1994). Vaihtoehtoisia joukkoliikennekaistajärjestelyjä ovat myötävirtakaistat ajoradan reunalla, myötävirtakaistat ajoradan keskellä, vastavirtakaista yksisuuntaisella kadulla sekä vaihtuvavirtakaista. Tyypillinen suomalainen bussikaistajärjestely on myötävirtakaistat ajoradan reunalla. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Joukkoliikennekaistat voivat olla aikarajoitettuja. Useissa Euroopan kaupungeissa joukkoliikennekaistat ovat pysyviä, mikä yksinkertaistaa informaatiota (Laurila 1988). Helsingissä kaistat ovat yleensä voimassa osan vuorokaudesta, Tampereella pysyviä ja Turussa pysyviä tai voimassa osan vuorokaudesta. Aikarajoitetut joukkoliikennekaistat soveltuvat tilanteisiin, joissa linja-autojen määrä on vähäinen, muu liikenne vilkasta ja kaistojen kokonaismäärä vähäinen. Helsingissä on käytössä joukko- ja jakeluliikenteen yhteiskais-toja, joilla jakeluliikenne on sallittu ruuhka-aikojä lukuun ottamatta. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Hämeenlinnanväylällä Helsingissä tehdyissä simuloinneilla tutkituista joukko-liikenne-etuuksista joukkoliikennekaista nopeutti selvästi eniten bussien kul-kua. Lisäksi simuloitiin mm. muuttuvaa nopeusrajoitusta sekä kiihdytyskais-toja pysäkeiltä. Muuttuvan nopeusrajoituksen mallissa nopeusrajoitus lasket-tiin ruuhka-aikana 80 km/h:stä 60 km/h:een, jolloin muut ajoneuvot joutuvat lain mukaan väistämään pysäkiltä lähtevää linja-autoa. Kiihdytyskaistamal-lissa pysäkeille rakennettiin kiihdytyskaistat, joiden pituus oli 150 metriä, jol-loin pysäkiltä lähtevien linja-autojen oli helpompi kiihdyttää ja liittyä pää-väylän liikennevirtaan. Ruuhkasuunnan vastaisessa suunnassa kiihdytys-kaistojen hyöty oli lähes yhtä suuri kuin koko matkan joukkoliikennekaistan. Kiihdytyskaistamallista on kerrottu lisää pysäkkijärjestelyjen yhteydessä (kpl 3.6.4). Hämeenlinnanväylän simuloinneissa henkilöautot hyötöivät jonkin verran toimenpiteistä, vaikka toimenpiteet kohdistettiin ensisijaisesti bussilii-kenteen nopeuttamiseksi. Mikäli joukkoliikenteen suurin ongelma on bussien liittyminen pysäkiltä muiden ajoneuvojen sekaan, jo kiihdytyskaistalla voi-daan sujuvoittaa selkeästi joukkoliikennettä. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Joukkoliikennekatu on katu tai katuosuus, joka on varattu pääasiassa vain joukkoliikenteelle. Tämän selvityksen mukaisilla pääväylillä joukkoliikenne-kadut soveltuvat korkeintaan sivusuunnalle.

3.6.2 Liikennevaloetuedet

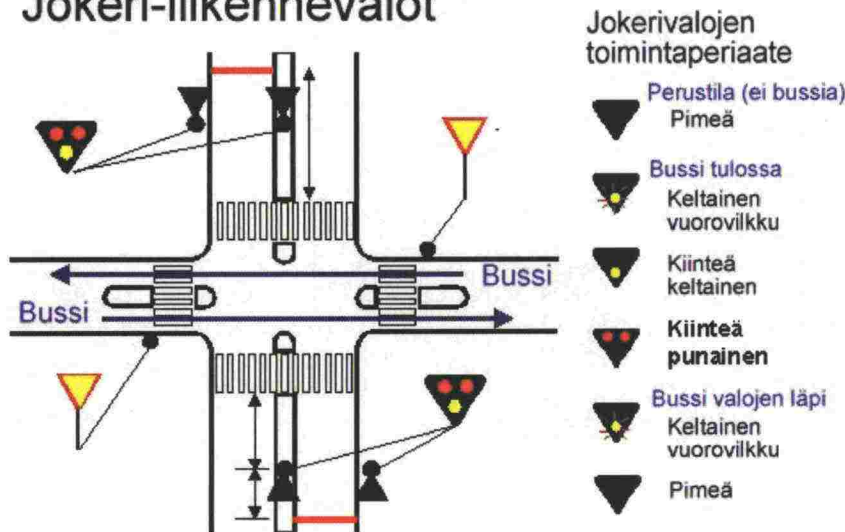
Joukkoliikenteen liikennevaloetuksilla liittymää lähestyvälle joukkoliikenteen tulosuunnalle järjestetään vihreä vaihe tarvittaessa tavallista nopeammin. Liikennevaloetuedet voivat olla kiinteitä tai dynaamisia telemaattisia etuuk-sia. Kiinteillä etuuksilla liikennevalojen yhteenkytkennässä on huomioitu joukkoliikenteen kulku ja pysäkkien sijainti. Dynaamiset etuedet perustuvat joukkoliikennevälineen tunnistamiseen. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Liikennevaloetuksien hyötyyn vaikuttavat viiveiden määrä ennen etuuksia, annettujen etuuksien voimakkuus ja liikenteen ruuhkautuneisuus. Viivytysten on todettu vähentyneen 5-10 %, kun liikenne on ruuhkautunutta ja jopa 50 %, kun välityskyky on hyvä. Helsingin joukkoliikenteen liikennevaloetuedus- ja matkustajainformaatiojärjestelmä (Helmi) on vähentänyt Helsingissä lii-kennevaloviiveitä 40-48 %. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Jokeri-liikennevalot ovat liikennevaloja, jotka ovat toiminnassa vain joukkolii-kenteen saapuessa. Tällöin muuten väistövelvollisen tulosuunnan joukkolii-kenne saa etuajo-oikeuden jokerivaiheen aikana. Jokerivalot mahdollistavat sivusuunnasta tulevan bussin sujuvan liittymisen pääkadun liikenteeseen tai pääkadun ylittämisen. Tampereella ensimmäiset jokerivalot otettiin käyttöön

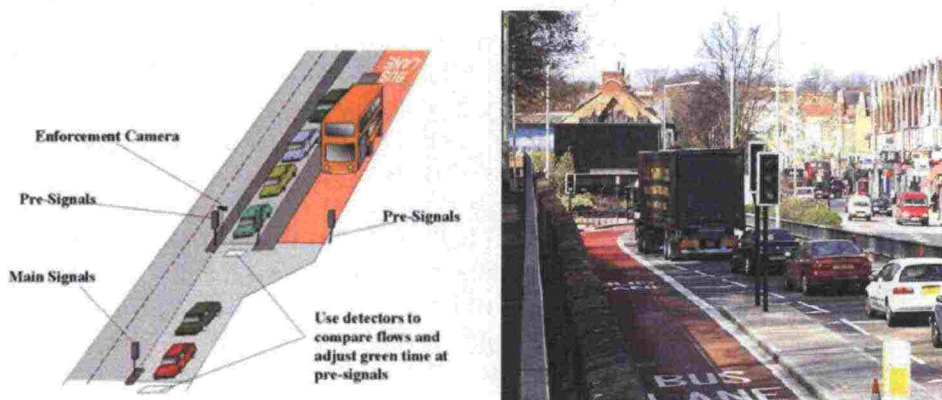
vuonna 2006. Jokerivalot maksavat noin kolmasosan tavallisista liikennevaloista eivätkä aiheuta muulle liikenteelle turhia viivytyksiä, kun joukkoliikennettä ei ole liittymässä. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Jokeri-liikennevalot



Kuva 22 Jokeri-liikennevalojen toimintaperiaate (Helsinki 2004).

Ennakkovalot ovat liikennevaloja, jotka ovat ennen varsinaisessa liittymässä olevia liikennevaloja. Tällöin esimerkiksi linja-autot voidaan päästää eri aikaan tai aiemmin ennakkovaloille, joka on ennakkovalojen ja varsinaisen liittymän välinen alue. Näin joukkoliikenne voi ohittaa autojonon ja päästä sujuvasti ryhtymään varsinaiseen liittymään. Ennakkovaloja on ollut useita vuosia käytössä joissakin Euroopan kaupungeissa. Englannissa ensimmäiset ennakkovalot otettiin käyttöön vuonna 1991, jonka jälkeen ennakkovalojen käyttö on lisääntynyt huomattavasti. Esimerkiksi Lontoossa oli vuonna 1998 käytössä tai suunnitteilla lähes 40 ennakkovalot. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

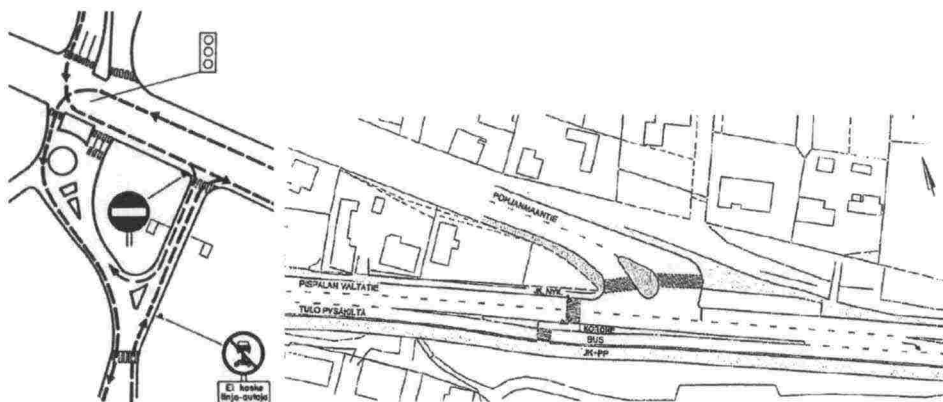


Kuva 23 Ennakkovalojen ansiosta joukkoliikenne voi ohittaa autojonon (Department for Transport 2003).

3.6.3 Liittymäetuudet

Liikennevalo-ohituksessa valo-ohjatussa liittymässä joukkoliikenteelle on järjestetty mahdollisuus ohittaa liikennevalot. Kolmihaaraliittymässä voidaan toisessa suunnassa järjestää ohituskaista liikennevalojen ohi (kuva 24). Liikennevalo-ohitus nopeuttaa joukkoliikenteen kulkua, kun ohitus rakennetaan ruuhkaiseen risteykseen tai joukkoliikenne joutuisi muutoin usein pysähtymään punaisiin valoihin. Olennaista on, että risteystä edeltävä joukkoliikennekaista on niin pitkä, että bussit voivat ohittaa punaisissa valoissa odottavan jonon. Lisäksi ohitus täytyy toteuttaa siten, että joukkoliikenteen ei tarvitse hiljentää nopeutta ohituksen yhteydessä.

Munkkiniemen aukion valo-ohjatussa liittymässä on ohitus Lehtisaaren suunnasta tuleville linja-autoille (kuva 24). Ohituksen yhteydessä on myös pysäkki. Valo-ohitusta käyttää arkipäivisin noin 220 linja-autoa, joiden aikakustannussäästöt ovat 120–150 sekuntia linja-autoa kohden. Järjestelyn myötä ei ole tarvetta liikennevaloetuuksille valo-ohjatussa liittymässä, joka on erittäin ruuhkainen. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)



Kuva 24 Munkkiniemen aukion liikennevalo-ohituksen periaatekuva (vas., Tielaitos 1991) ja Pispalan valtatie liikennevalo-ohitus Tampereella (Tielaitos 1997).

Liittymäalueiden kaistajärjestelyillä joukkoliikenteelle voidaan sallia muusta liikenteestä poikkeava ajotapa liittymäalueella. Tavallisin järjestely on, että liittymän jälkeiselle pysäkillä suoraan ajava joukkoliikenne voi käyttää oikealle kääntyvien kaistaa. Tällöin oikealle kääntyvää liikennettä tulisi olla alle 150-250 ajoneuvoa tunnissa, kun linja-autoliikennettä on 30-60 vuoroa tunnissa. (Tiehallinto 2001)

3.6.4 Pysäkkijärjestelyt

Joukkoliikenteen pysäkkijärjestelyjä voidaan käyttää joukkoliikenne-etuutena parantamaan joukkoliikenteen sujuvuutta, minkä lisäksi pysäkillä hidastava joukkoliikenne ja etuajo-oikeutettuna pysäkiltä poistuva joukkoliikenne aiheuttaa haitallisia vaikutuksia viivytysten muodossa muulle liikenteelle. Kaiken liikenteen sujuvuus ja liikenneturvallisuus saattaa parantua sekä melu ja päästöt vähentyä liikennevirran tasaistumisen ja yllättävien tilanteiden vähentymisen myötä.

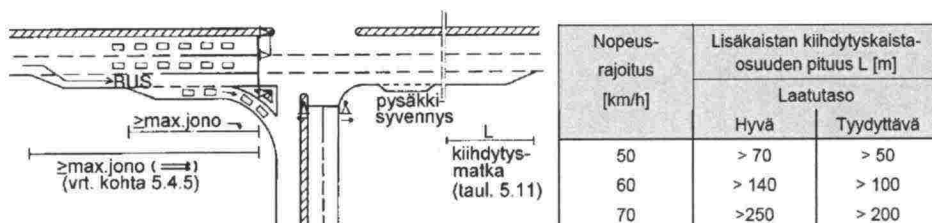
Pysäkkijärjestelyjen joukkoliikenne-etuuksia ovat mm:

- pitkä liittymiskaista pysäkiltä lähdettäessä
- pysäkkien sijoittelu
- kutsupysäkit

Tavallisesti pysäkillä on rakennettu levennys, jolloin joukkoliikenne on pysäkiltä poistuessaan etuajo-oikeutettu nopeusrajoituksen ollessa korkeintaan 60 km/h. Erillisessä pysäkissä muu ajorata ja pysäkkialue on erotettu vähintään kahden metrin tilalla, jolloin joukkoliikenne on pysäkiltä lähtiessään aina väistämisvelvollinen.

Joukkoliikenteen ollessa väistämisvelvollinen pysäkiltä lähtiessään, voidaan joukkoliikenteen sujuvuutta parantaa rakentamalla tavallista pidempiä liittymiskaistoja. Pitkien liittymiskaistojen avulla joukkoliikenne pystyy nostamaan ajonopeuttaan, jonka jälkeen liittyminen liikennevirtaan helpottuu. Linja-auto saavuttaa

- 60 km/h nopeuden 180 metrin matkalla,
- 70 km/h nopeuden 300 metrin matkalla ja
- 80 km/h nopeuden 600 metrin matkalla. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

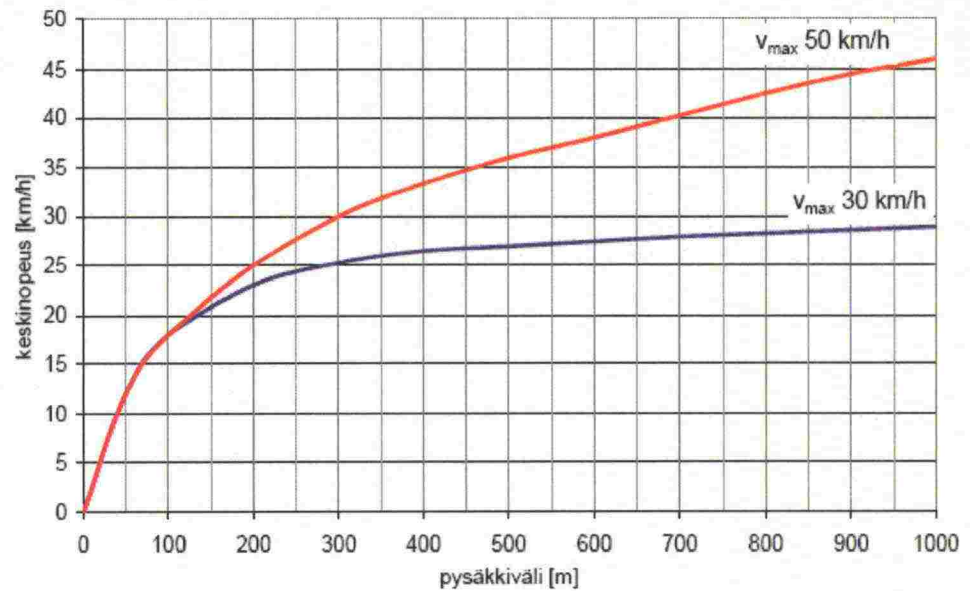


Kuva 25 Kiihdytyskaistan mitoitus (Tiehallinto 2001).

Hämeenlinnanväylälle Helsinkiin tutkittiin erilaisten joukkoliikenteen nopeutamistoimenpiteiden vaikutuksia valtiatiellä. Simuloinneissa rakennettiin pysäkeille kiihdytyskaistat, joiden pituus oli 150 metriä. Ruuhkasuunnan vastaisessa suunnassa kiihdytyskaistojen hyöty oli lähes yhtä suuri kuin koko matkan joukkoliikennekaistan. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007) Alanko- maissa on käytetty tavallista pidempiä liittymis- ja erkanemiskaistoja joukkoliikenteen sujuvoittamiseksi (Boender 2009).

Pysäkkien sijoittelulla voidaan vaikuttaa joukkoliikenteen matka-aikaan. Esimerkiksi liian tiheä pysäkkiväli alentaa joukkoliikenteen keskinopeutta, mutta toisaalta lyhentää kävelymatkoja pysäkeille. Pysäkkien sijoitteluun vaikuttavat mm. keskeisten matkustuskohdeiden sijainti, pysäkin vaikutukset muulle liikenteelle, kadun tai tien nopeusrajoitus, kävelyetäisyydet, pysäkkien vaikutukset matka-aikaan (Ojala ja Pursula 1994 ja Välimäki ym. 2003) sekä vihreä aalto. Pysäkit sijoitellaan ensisijaisesti liittymän jälkeen, jolloin mm. pysäkkialue ennen liittymää voidaan ottaa kaiken liikenteen käyttöön ryhmittymiskaistana ja mahdollinen etuuspyyntö voidaan lähettää kauempaa, kun linja-auto ei seiso pysäkillä. Suomessa ohjeellisena pysäkkivälinä pidetään (Välimäki ym. 2003)

- 50-60 km/h nopeusrajoituksella 300 metriä,
- 70-100 km/h nopeusrajoituksella 600 metriä ja
- moottoriväylillä 800-1500 metriä



Kuva 26 Keskinopeuden riippuvuus pysäkkivälistä (Transportforskningsdelegationen 1981).

Pasilan joukkoliikenne-etuuksia tutkittaessa selvitettiin liikennevaloetuuksien ja -ohitusten sekä pysäkin siirtämisen vaikutuksia nopeuttamistoimenpiteinä katuymppäristössä. Simuloinnin yhteydessä pysäkin siirtäminen liittymän jälkeen osoittautui toimivaksi ratkaisuksi. Tällöin etuuspyyntö voitiin lähettää kauempaa ja bussi ei seissyt pysäkillä, kun etuuspyyntö toteutui. Sujuvuutta paransi lisäksi se, että pysäkkialue saatiin käyttöön kääntymiskaistaksi, mikä ansiosta jokaisella kierrolla mahtui enemmän autoja läpi valoista vihreän vaiheen aikana. (Kuukka-Ruotsalainen ym. 2007)

Kutsupysäkit vähentävät joukkoliikenteen turhaa pysäkillä käyntiä. Kutsupysäkeillä ilmoitetaan esimerkiksi merkkivalolla, mikäli joukkoliikenteen halutaan pysähtyvän pysäkillä. Valtatiellä 1 Salossa Suomensjärven palvelualueelle on toteutettu kutsupysäkki. Linja-autopysäkin kutsunappia painamalla valtatie varressa oleva jatkuvasti päällä oleva valkoinen valo alkaa vilkkua, jolloin linja-autot kulkevat pysäkin kautta. Kuljettaja nousee pysäkillä ajoneuvosta painamaan kuittausnappia. Samantyyppinen kutsuohjaus toteutetaan Muijalan eritasoliittymän pysäkillä Lohjalla moottoritiellä valtatiellä 1 vuonna 2010.

3.7 Kevyt liikenne

Kevyen liikenteen järjestelyillä on kahdenlaisia vaikutuksia:

- kevyen liikenteen olosuhteiden parantaminen
- muun liikenteen olosuhteiden parantaminen

Kevyen liikenteen olosuhteita voidaan parantaa mm. täydentämällä verkollisia puutteita epäjatkuvuuskohtien osalta sekä rakentamalla eritasoyhteyksiä.

Muun liikenteen olosuhteita voidaan parantaa poistamalla tai siirtämällä suojateita sekä korvaamalla suojateita eritasoyhteyksillä. Lisäksi painonappien toteuttaminen liikennevalo-ohjatuilla vähän käytetyillä suojateilla vähentää turhia kevyen liikenteen vaihteita.

Kevyen liikenteen suojateita poistamalla voidaan parantaa muun liikenteen välityskykyä. Kevyen liikenteen turvallisuus saattaa heikentyä, mikäli kevyt liikenne ylittää ajoradan tasossa ilman suojatietä. Suojatien poistaminen ei saa merkittävästi heikentää kevyen liikenteen yhteyksiä, toisin sanoen korvaavan reitin tulee löytyä läheltä.

Suojatien poistaminen on mahdollista kahdessa eri tapauksessa: kevyelle liikenteelle rakennetaan korvaavat eritasojärjestelyt tai turvaton suojatie poistetaan, mikäli korvaava yhteys on olemassa lähettyvillä. Eritasojärjestelyjen rakentaminen voi muodostua erittäin kalliiksi, mutta sen avulla kevyen liikenteen turvallisuutta parannetaan merkittävästi muun liikenteen sujuvuuden parantuessa. Esimerkiksi läheisten liittymien useat suojatiet voidaan yhdistää yhdeksi eritasoyhteydeksi. Turvattoman suojatien poistaminen parantaa liikenteen välityskykyä, minkä lisäksi kevyen liikenteen turvallisuus saattaa parantua turvallisemman reitin ja/tai tarkkaavaisemman käyttäytymisen kautta.

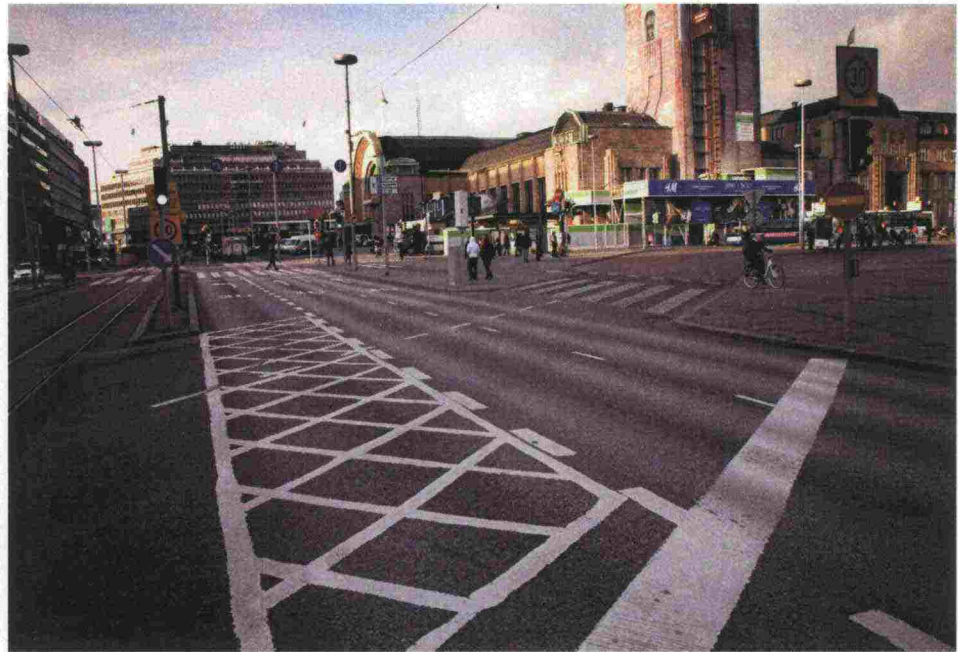
3.8 Ajokäyttäytymiseen vaikuttaminen

3.8.1 Risteysruudukko

Ajoneuvojen seisominen jonossa liittymäalueella estää muita liikennesuuntia kulkemasta liittymän läpi vihreän vaiheen aikana. Risteysruudukkojen tavoitteena on estää jonottaminen liittymäalueella ja siten vähentää ruuhkautumisesta aiheutuvia haitallisia heijastusvaikutuksia. Risteysruudukot sopivat erityisesti kaupunkikeskustoihin.

Noudatettuna risteysruudukot parantavat liikenteen sujuvuutta haittojen vähentymisen kautta, jolloin välillisenä vaikutuksena melu ja päästöt vähentyvät ja liikenneturvallisuus saattaa parantua. Mahdollisuutena on kuitenkin myös, että ennen liittymää pysähtyvät ajoneuvot lisäävät peräänajoriskiä.

Helsingissä risteysruudukoita on käytetty mm. liittymissä, joissa jonottaminen estäisi joukkoliikenteen liikkumisen liittymän läpi oman vihreän vaiheen aikana. Kokemusten perusteella risteysruudukoja ei noudateta käyttötarkoituksen mukaisesti. Ulkomailla risteysruudukoissa jonottamisesta voidaan antaa merkittäviä sakkoja.



Kuva 27 Risteyksruudukkojen avulla voidaan ehkäistä ruuhkautumisesta aiheutuvia haitallisia heijastusvaikutuksia.

3.9 Ei-toistuvat häiriötilanteet

Häiriötilanteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ei-toistuvia tapahtumia kuten liikenneonnettomuuksia, rikkoutuneita liikennevaloja, huonoja sääolosuhteita ja väärinpysäköityjä tai rikkoutuneita ajoneuvoja sekä muita esteitä ajoradalla kuten kaatuneita kuormia.

Yhdysvaltalaisen tutkimusten mukaan 50-60 % kaikesta ruuhkautumisesta johtuu ei-toistuvista tapahtumista. Maantieolosuhteissa prosentti on vielä korkeampi. Sekundaariset kolarit saattavat saman selvityksen mukaan olla 14-20 % kaikista Yhdysvaltojen kolareista. Nopea ja tehokas reagointi näihin häiriötilanteisiin voi parantaa merkittävästi liikenteen sujuvuutta ja liikenneturvallisuutta. (U.S. Department of Transportation ym. 2006)

Tavoitteena on joko estää häiriötilanteiden tapahtumista ennakoimalla tai häiriötilanteen tapahduttua liikenteen sujuvuuden kannalta tavoitteena on palauttaa liikenteen välityskyky mahdollisimman nopeasti häiriötilanteen jälkeen.

Ennakoivia, häiriötilanteita ehkäiseviä toimenpiteitä voivat olla mm:

- väylään liittyvät toimenpiteet
 - väylägeometria
 - nopeusrajoitus
 - piennarleveydet
 - talvihoito
- ohjelmalliset ja toimielimelliset toimenpiteet (U.S. Department of Transportation ym. 2006):
 - kansalliset tavoitteet häiriötilanteille, mm. tyhjennysaikatavoitteet kaupunki- ja maaseutuympäristössä.
 - häiriötilanteissa toimivien organisaatioiden suhteet ja yhteydet
 - tutkimustoiminnan ja käytännön toiminnan tietojen yhdistäminen
 - mittarit toiminnan seuraamiselle
 - koulutus häiriötilanteissa toimimiseen
 - yksityisen sektorin rooli häiriötilanteissa

Häiriötilanteen tapahduttua lisähäiriöitä ehkäiseviä toimenpiteitä voivat olla mm. (U.S. Department of Transportation ym. 2006):

- hälytysajoneuvojen lähetykseen liittyvä ohjeistus
- häiriötilanteen toimijoiden voimakas rooli ja liikenteenohjaus
- toimijoiden riittävä määräysvalta
- ennakoon määritellyt vastuualueet ja priorisoinnit
- toimijoiden koordinointi ja yhteistyö
- pelastusajoneuvojen sijoittelu ja näkyvyys
- pelastusajoneuvojen varustelu
- toimijoiden näkyvä vaatetus
- ennakoon suunniteltujen varareittien käyttöönotto
- toimintalinjat ajoneuvojen hinauksiin
- kuolonuhrien nopea poisto tapahtumapaikalta
- liikenteenohjauskeskusten koordinoitu toiminta
- liikenteenohjauslaitteiden ja -järjestelmien käyttö häiriötilanteissa, mm. liikennevalojen ajoitukset, kaistojen käyttö ja ramppiohjaus
- tiedotus erityisesti liikenteen ylävirrassa
- jonovaroitusten ja muuttuvien nopeusrajoitusten käyttö
- häiriötilanteen toimijoiden turvallisuus, mm. puskurivyöhyke liikenteen ja toimijoiden välille (esim. 1 m) ja liikennevälineistä pelastavien henkilöiden turvallisuus (esim. ajoneuvojen leikkauskohtien selvittäminen ohjelmistoilla).

Häiriöherkille väylille sekä väylille, joissa häiriöt saattavat aiheuttaa merkittäviä haittoja (esimerkiksi pääväylät, jotka toimivat kapasiteettinsa äärirajoilla) voidaan laatia riskitarkasteluja. Riskitarkasteluissa voidaan esimerkiksi:

- tutkia tapahtuneita häiriötilanteita ja niihin johtaneita syitä, esimerkiksi väylän geometriaan liittyvät ongelmat
- laatia suosituksia häiriötilanteita ehkäiseviksi toimenpiteiksi
- laatia suosituksia häiriötilanteiden toimintaan, mm:
 - toimintalinjat kaatuneiden kuormien pelastamiseen,
 - esittää varareitit, joille liikenne ohjataan,
 - suunnitella tiedotusta,
- tarpeen vaatiessa laatia valmiita liikenteen ohjauslaitteiden ohjelmointeja, joiden avulla liikenne voidaan ohjata muille reiteille (mm. liikennevalojen ajoitukset)

Tampereella häiriönhallinnan työryhmä on laatimassa tehtäväkortteja toimintatavoista häiriötilanteissa ongelmallisissa kohteissa. Laadinnan yhteydessä on käyty mm. läpi tapahtuneita onnettomuuksia.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Pienien toimenpiteiden käytettävyys

Liikenteen sujuvuusongelmia voidaan parantaa merkittävästi pienillä toimenpiteillä erityisesti pullonkaulaliittymissä. Erityisesti tasoliittymiä sisältävillä väylillä ongelmat johtuvat tyypillisesti nimenomaan liittymistä, joiden välillä linkillä ei tyypillisesti ole merkittäviä sujuvuusongelmia.

Toimenpiteiden soveltuvuus väylälle on aina tapauskohtaista. Yksittäisen liittymän sijaan tulisi aina arvioida toimenpiteen sopivuutta väylän laajempaan kokonaisuuteen, esimerkiksi onko väylällä ennestään valo-ohjattuja liittymiä.

Selvityksessä on arvioitu yli 20 pientä toimenpidettä, joista noin puolia on käytetty Suomessa laajasti. Lisäksi osaa toimenpiteistä on tutkittu, kokeiltu tai käytetty yksittäisissä kohteissa. Toimenpiteiden kaltaisten poikkeavien ratkaisujen käyttöä vaikeuttaa niiden satunnaisuus ja toisaalta myös erilaisuus. Potentiaalisimpia toimenpiteitä tulisi toteuttaa yhdenmukaisina loogisina ratkaisuin, mistä johtuen näiden ohjeistaminen on tärkeää.

Pienen toimenpiteen rajausta on usein tapauskohtainen ja myös suhteellinen vaihtoehtoihin toimenpiteisiin. Tästä johtuen tässä selvityksessä on mukana myös suurempia toimenpiteitä, jotka saattavat kuitenkin olla "pieniä toimenpiteitä" vaihtoehtoihin ratkaisuihin nähden. Kaupunkien pääväylillä toimenpiteiden rakentamiskustannuksiin vaikuttaa oleellisesti myös väylän lähiympäristö.

4.2 Yhteenveto arvioiduista pienistä toimenpiteistä

Selvityksessä etsittiin haastattelujen ja kirjallisuusselvitysten avulla pieniä toimenpiteitä, jotka parantaisivat kaupunkien pääväylien liikenteen sujuvuutta. Ensisijaisia käyttökohteita ovat kaupunkien sisääntulo- sekä kehäväylät. Yli 20 toimenpidettä ryhmiteltiin seuraavasti:

- linkkijärjestelyt (3 toimenpidettä),
- tasoliittymäjärjestelyt (7 toimenpideryhmää),
- eritasoliittymäjärjestelyt (3 toimenpideryhmää),
- liikennerajoitteet (3 toimenpideryhmää),
- joukkoliikennejärjestelyt (4 toimenpideryhmää),
- kevyen liikenteen järjestelyt,
- ajokäyttäytymiseen vaikuttaminen sekä
- ei-toistuvien häiriötilanteiden järjestelyt.

Investointikustannukset

Investointikustannuksiltaan arvioituista toimenpiteistä edullisimpia tyypillisesti ovat

- liikennevalojen ajoitusten päivittäminen tai liikennevaloetuudet
- raskaan tai hitaan liikenteen rajoitukset
- kääntymiskiellot

Investointikustannuksiltaan kohtuullisia tyypillisesti ovat

- lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla
- kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän läpi
- kanavointi, kaistojen jatkaminen ja vapaa oikea
- liittymän porrastaminen
- liikennevalojen rakentaminen
- erkanemiskaistojen jatkaminen
- joukkoliikenteen liittymäetuudet

Välityskyvyn lisääminen

Välityskykyä lisääviä arvioituja pieniä toimenpiteitä ovat kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän läpi, kanavointi, kaistojen jatko, vapaa oikea, liikennevalojen ajoitusten päivittäminen, erkanemiskaistojen jatkaminen sekä kääntymiskiellot. Arvioituista toimenpiteistä eniten välityskykyä pystytään tyypillisesti lisäämään uusien kaistojen avulla. Tähän soveltuvat erityisesti lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla. Lisäksi eritasoliittymän täydentäminen lisärampeilla sekä mahdollisesti vaihtuvasuuntaiset kaistat saattavat soveltua toimenpiteiksi. Kaksi jälkimmäistä toimenpidettä ovat tavallisesti melko kalliita toimenpiteitä, mutta ne saattavat olla edullisia vaihtoehtoihin toteutustapoihin verrattuna

Liikenneturvallisuuden parantaminen

Liikenneturvallisuutta parantavia pieniä toimenpiteitä arvioituista ovat liikennejärjestelyjen selkeyttä lisäävät toimenpiteet. Näitä ovat erityisesti kiertoliittymä, kanavointi, kaistojen jatkaminen, vapaa oikea, ramppiohjaus, erkanemiskaistojen jatko sekä kevyen liikenteen järjestelyt.

Joukkoliikenteen parantaminen

Joukkoliikennettä tukevia toimenpiteitä arvioituista ovat joukkoliikenneetuudet ja uudet kaistajärjestelyt. Näitä ovat erityisesti lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla, kanavointi, kaistojen jatkaminen, vapaa oikea, erkanemiskaistojen jatkaminen, kääntymiskiellot sekä joukkoliikenteen kaistajärjestelyt, liikennevaloetuudet, liittymäetuudet ja pysäkkijärjestelyt. Lisäksi vaihtuvasuuntainen kaista ja monimatkustaja-ajoneuvokaista (HOV-kaista) saattavat soveltua uusien kaistojen myötä myös joukkoliikennettä edistäviksi toimenpiteiksi.

4.3 Potentiaalisimmat pienet toimenpiteet

Toimenpiteet soveltuvat tyypillisesti tietynlaiseen liikenneympäristöön sekä ongelmakohteeseen. Tässä kappaleessa potentiaalisimmilla pienillä toimenpiteillä tarkoitetaan niitä, joiden arvioidaan olevan käytettävissä useimmissa kohteissa. Tutkituista toimenpiteistä ainoastaan ei-toistuvien häiriötilanteiden hallintaan liittyvät toimenpiteiden arvioitiin sopivan kaikkiin kohteisiin. Nämä toimenpiteet ovat kuitenkin pääosin toimintatapojen ohjeistuksia eivätkä jokapäiväistä sujuvuutta parantavia paikallisia toimenpiteitä.

Toimenpiteet jaoteltiin erilaisten liikenneympäristöjen perusteella karkeasti seuraaviin luokkiin:

- korkealuokkaisille monikaistaisille teille, joilla on tasoliittymiä, sopivat pienet toimenpiteet (esimerkiksi sisääntulotiet, joilla nopeusrajoitus on tyypillisesti 50-70 km/h)
- korkeanopeuksisille moottoriväylille ja eritasoliittymiin sopivat pienet toimenpiteet (esimerkiksi kehätiet, joilla nopeusrajoitus on tyypillisesti vähintään 80 km/h)
- keskusta-alueille sopivat pienet toimenpiteet, jotka ovat erityisesti alhaisempien nopeusrajoitusten sekä tilanpuutteesta kärsivien kohteiden toimenpiteitä. Näillä nopeusrajoitus on tyypillisesti 40-60 km/h.

Taulukko 2 Pienten toimenpiteiden ensisijaiset käyttöalueet.

		Moni- kaistaisia tasoliittymiä	Moottori- väylä	Keskusta- alueet
1	Kaistamäärän lisääminen kaista- ja piennarkavennuksilla	X	X	(X)
2	Vaihtuvasuuntainen kaista	(X)		
3	Monimatkustaja-ajoneuvokaista (HOV-kaista)	(X)	(X)	
4	Kiertoliittymä	X		X
5	Kiertoliittymän valo-ohjaus	(X)	(X)*	(X)
6	Kaistoituksen lisääminen pää- suunnalle valo-ohjatun liittymän kohdalla	X	(X)*	
7	Liittymän kanavointi, ryhmittymi- skaistojen jatkaminen ja valo- ohjatun liittymän vapaa oikea	X	(X)*	X
8	Liittymän porrastaminen			
9	Liikennevalot ja niiden ajoitusten päivittäminen	X	(X)*	X
10	Eritasoliittymän täydentäminen lisärampilla		X	
11	Ramppiohjaus		X	
12	Erkanemiskaistojen jatkaminen		X	
13	Raskaan liikenteen rajoitukset		(X)	(X)
14	Hitaan liikenteen rajoitukset	(X)	(X)	
15	Kääntymiskiellot liittymissä	(X)		X
16	Joukkoliikenne-etuudet	X	(X)	X
17	Kevyen liikenteen toimenpiteet	(X)		X
18	Risteysruudukko			(X)

X = soveltuu hyvin, (X) = soveltuu varauksin, * = ramppiliittymässä

Monikaistaiset tasoliittymäväylät

Monikaistaisilla tasoliittymäväylillä potentiaalisimmiksi pieniksi toimenpiteiksi nähdään:

- lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla
- kiertoliittymän rakentaminen
- kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän läpi
- kanavointi, kaistojen jatko ja vapaa oikea
- liikennevalojen rakentaminen ja liikennetekninen ylläpito
- joukkoliikenne-etuudet

Kanavointi, kaistojen jatkaminen, vapaa oikea sekä liikennevalojen rakentaminen ja liikennetekninen ylläpito ovat yleisesti käytössä olevia toimenpiteitä, jotka soveltuvat useimpiin korkealuokkaisiin tasoliittymiin. Kiertoliittymä soveltuu sisääntuloväylille erityisesti turbokiertoliittymänä. Kaistoituksen lisääminen pääsuunnalle valo-ohjatun liittymän läpi on jonkin verran käytetty, mutta yleisesti vältetty toimenpide. Toimenpiteen käyttöä ei kuitenkaan nähdä ongelmalliseksi ylikuormittuneissa liittymissä, minkä lisäksi toimenpide soveltuu hyvin vaiherakentamiseen. Joukkoliikenne-etuudet ovat myös melko yleisesti käytetty ja suositeltava toimenpide erityisesti suuremmilla kaupunkiseuduilla. Lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla on ainoa potentiaalisimmista toimenpiteistä, jota Suomessa ei ole pääväylillä käytetty pitkäaikaisena ratkaisuna Länsiväylän bussipiennarta lukuun ottamatta. Kokemukset ulkomailta rohkaisevat toimenpiteen käyttöönottoon.

Moottoriväylät

Moottoriväylillä potentiaalisimmiksi pieniksi toimenpiteiksi nähtiin:

- lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla
- eritasoliittymän täydentäminen lisärampilla
- ramppiohjaus
- erkanemiskaistojen jatkaminen.

Moottoriväylien potentiaalisimmat toimenpiteet ovat ramppien lisäämistä lukuun ottamatta melko harvoin käytettyjä. Ramppiohjauksella ja erkanemiskaistojen jatkamisella voidaan parantaa merkittävästi pääväylän liikenteen sujuvuutta ruuhkaisissa olosuhteissa. Lisäkaistojen toteuttamista kaista- ja piennarkavennuksilla tai ramppiohjausta ei ole Suomessa käytetty pääväylillä pitkäaikaisena ratkaisuna Länsiväylän bussipiennarta lukuun ottamatta. Ulkomaiden kokemukset kuitenkin rohkaisevat toimenpiteiden käyttöönottoon.

Keskusta-alueet

Keskusta-alueilla potentiaalisimmiksi pieniksi toimenpiteiksi nähdään:

- kiertoliittymän rakentaminen
- kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus
- kanavointi, kaistojen jatko ja vapaa oikea
- liikennevaloihin liittyvät toimenpiteet
- kääntymiskiellot
- joukkoliikenne-etuudet
- kevyen liikenteen toimenpiteet

Kiertoliittymiä lukuun ottamatta yllä luetellut toimenpiteet ovat yleisesti keskusta-alueilla käytettyjä toimenpiteitä, joilla on tyypillisesti runsaasti positiivisia vaikutuksia keskusta-alueilla. Kiertoliittymä on yleistynyt viimeisen vuosikymmenen aikana keskustoissa ja sen käyttöä keskusta-alueilla rajoittaa usein vain liikennevirtojen epätasapaino ja tilanpuute. Kiertoliittymän liikennevalo-ohjausta voidaan käyttää keskusta-alueiden solmukohdissa, joissa halutaan priorisoida kiertoliittymän liikennevirtoja valo-ohjauksen avulla.

4.4 Uusien pienten toimenpiteiden soveltuvuus Suomeen

Selvityksen aikana esiin tulleita pieniä toimenpiteitä, joita ei ole käytetty lainkaan tai hyvin harvoin Suomessa, ovat:

- lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla
- vaihtuvasuuntainen kaista
- monimatkustaja-ajoneuvokaista (HOV-kaista)
- kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus
- ramppiohjaus
- raskaan liikenteen rajoitukset
- hitaan liikenteen rajoitukset
- risteysruudukko
- ei-toistuvien häiriötilanteiden hallintaan liittyvät toimenpiteet

Kaikki yllä esitetyistä uusista pienistä toimenpiteistä ovat käytettävissä tietyillä edellytyksillä Suomessa.

Potentiaalisin uusi toimenpide lienee lisäkaistojen toteuttaminen kaista- ja piennarkavennuksilla, jonka arvioidaan soveltuvan useimmille kohdealueille. Kohtuullisilla rakentamiskustannuksilla voidaan lisätä merkittävästi välityskykyä vähäisin negatiivisin vaikutuksin. Lähtökohtana tulee kuitenkin olla tyypillisesti vähintään 2+2 kaistaa.

Jonkin verran käyttömahdollisuuksia nähdään kiertoliittymän liikennevalo-ohjauksella, ramppiohjauksella sekä raskaan ja hitaan liikenteen rajoituksilla. Nämä toimenpiteiden soveltuvuus riippuu kuitenkin erittäin voimakkaasti paikallisista olosuhteista. Kiertoliittymän liikennevalo-ohjaus sopinee parhaiten liikennevirtojen priorisointiin osittain valo-ohjaamalla pääväylien ulkopuolella esimerkiksi ramppiliittymiä, maankäyttöliittymiä tai joukkoliikenne-etuutena kiertoliittymiä. Tällöin esimerkiksi ennen kiertoliittymää olevan suojatien valo-ohjauksen avulla voidaan säädellä kiertoliittymään saapuvaa voimakasta liikennevirtaa.

Pienten kiertoliittymien valo-ohjaaminen kokonaan on ongelmallista. Ramppiohjauksella voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä pääväylällä, mutta potentiaalisia kohteita ei ole löytynyt Suomesta. Edellytykset liikennevirroille ovatkin melko yksityiskohtaisia. Raskaan ja hitaan liikenteen reittirajoitukset sopivat näiden ollessa ongelmana parhaiten alueille, joista vaihtoehtoinen hyväksyttävä reitti on löydettävissä läheltä. Raskaan liikenteen vasemmanpuoleisen kaistan käyttökielto saattaa olla hyödyllinen liikennekoostumuksen ollessa sopiva.

Vaihtuvasuuntainen kaista saattaisi sopia esimerkiksi sisääntuloväylille, joissa uuden kaistan rakentaminen molempiin suuntiin on tilanpuutteen johdosta mahdotonta. Monimatkustaja-ajoneuvokaistat (HOV-kaistat) saattavat sopia esimerkiksi kehäväylille, joissa on paljon liikennettä ja vähän joukkoliikennetarjontaa. Risteysruudukot sopinevat parhaiten säännöllisesti ruuhkautuviin kaupunkikeskustoihin. Toimenpiteelle on tällä hetkellä Liikenne- ja viestintäministeriön Helsingin kaupungille myöntämä kokeilulupa.

Lisäksi merkittävästi potentiaalia nähdään toimenpidekokonaisuudella, jossa jatketaan erkanemiskaistoja sekä käytetään muuttuvia nopeusrajoituksia ja jonovaroitusta yhdessä.

4.5 Suositukset jatkotoimenpiteille

Liikennevalojen liikenneteknisen ylläpidon kehittäminen. Työn aikana nousi esiin selkeä tarve mm. päivittää järjestelmällisemmin liikennevalojen ajoituksia erityisesti suurien kaupunkiseutujen ulkopuolella, joissa liikennevalojen toimintaa ei välttämättä päivitetä riittävän usein olosuhteita vastaavaksi.

Kapeampien kaistojen ja pientareiden käyttöedellytysten selvittäminen. Kapeampien kaistojen hyödyntämiselle löytynee paljon käyttökohteita, minkä suuret positiiviset vaikutukset lienevät tyypillisesti saavutettavissa melko alhaisilla investointikustannuksilla.

Häiriötilanteiden hallinnan kehittäminen. Häiriötilanteiden järjestelmällisellä suunnittelulla ja ohjeistamisella voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä häiriötilanteiden tapahtuessa.

Kiertoliittymässä liikennevalo-ohjauksen käytön selvittäminen. Kiertoliittymän valo-ohjaamiselle ei ole olemassa yleistä ohjetta. Ruuhkautuvissa kiertoliittymissä valo-ohjauksen avulla voidaan priorisoida tärkeimpiä liikennevirtoja. Tulisi selvittää mm. osittain valo-ohjatun kiertoliittymän (esimerkiksi yksi tulosuunta valo-ohjattu) käyttöedellytykset. Valo-ohjaamalla kiertoliittymä vain esimerkiksi yhdellä tulosuunnalla ruuhka-aikana voidaan turvata tärkeimpien liikennevirtojen sujuvuus ruuhka-aikana ja välttää turhia viivytyksiä hiljaisemman liikenteen aikana.

Pienten toimenpiteiden rahoituksen kehittäminen. Pienten toimenpiteiden rahoittaminen on usein ongelmallista, koska rahoitus järjestetään tyypillisesti erittäin rajallisella perustienpidon rahoituksella. Tyypillisesti kustannustehokkaiden pienten toimenpiteiden rahoittamista voitaisiin kehittää esimerkiksi oman budjetin tai teemapakettien avulla.

5 LÄHDELUETTELO

Berg (2009). Svante Bergin (Ramboll) puhelinhaastattelu 2.12.2009 sekä sähköpostit 2.12.2009.

Boender (2009). John Boenderin (CROW) puhelinhaastattelu 27.11.2009 sekä sähköpostit 27.11.2009 ja 11.12.2009.

Carlborg (2009). Anna Carlborgin (Vägverket) puhelinhaastattelu 25.11.2009 sekä sähköpostit 28.10.2009 ja 25.11.2009.

CROW (2009). Materiaali saatu sähköpostilla John Boenderilta 27.11.2009.

CROW ja Province of Noord-Brabant (2009). Materiaali saatu sähköpostilla John Boenderilta 27.11.2009.

Department of Transport (2003). Public Transport Priority. Traffic Advisory Leaflet, ITS 5/03. Department for Transport, London.

Hauge (2009). Sähköpostiviestit 18.11.2009, 19.11.2009, 15.12.2009 ja 13.1.2010 Pål Haugelta (Vegvesen).

Helsinki (2004). Jokerivalot. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, liikenteenohjauskeskus (www).

Kalliokoski (2003). Liikenteen hallinnan keinot ja vaikutukset ruuhka-aikoina, esiselvitys. Tiehallinnon selvityksiä 16/2003. Helsinki.

Korpela (2009). Kari Korpelan (Tiehallinto) puhelinhaastattelu 24.11.2009 sekä sähköpostit 24.11.2009 ja 10.12.2009.

Kuukka-Ruotsalainen, Airaksinen, Lehmuskoski, Musto ja Murole (2007). Joukkoliikenteen nopeuttaminen keskeisenä kilpailutekijänä.

Laurila (1988). Linja-autokaistojen varaamisperusteet. Suomen Paikallisliikenneliitto ry, Liikennesuunnittelutoimikunta. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2001). Asetus tieliikenteen liikennevaloista 15.11.2001. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20011012>.

Lindkvist (2009). Ove Lindkvistin (Vägverket) puhelinhaastattelu 2.12.2009 sekä sähköpostit 2.12.2009 ja 18.1.2010.

Luoma (1998). Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. Tielaitoksen selvityksiä 21/1998. Helsinki.

Luttinen, Pursula ja Innamaa (2005). Liikennevirran ominaisuudet. Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka, opetusmoniste 15. Espoo.

Margiotta, Spiller (2009). Recurring traffic bottlenecks: A primer. Focus on low-cost operational improvements. 2nd version, June 2009.

Midttun (2009). Kjersti Helene Midttunin (Ramboll) sähköpostit 23.10.2009, 28.10.2009, 16.11.2009, 30.11.2009 sekä 10.12.2009.

Nevala (2008). Kehä III: Raskaan liikenteen ohituskiellon vaikutukset sujuvuuteen välillä Pakkala – Vt 3. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 45/2008. Helsinki.

Ojala ja Pursula (1994). Taajamien joukkoliikenteen suunnittelu ja hoito. Teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka, opetusmoniste 13, Suomen Paikallisliikenneliitto ry. Otaniemi.

Pesonen, Hillo (2007). Neliporrasperiaatteen soveltaminen Hämeenlinnan-väylän liikennekäytävän kehittämisessä. Tiehallinnon selvityksiä 15/2007. Helsinki.

Pitkänen, Nevala ja Laitinen (2005). Ramppiohjaus. Esiselvitys 2004-2005. AINO-julkaisuja 11/2005. Helsinki.

Pohjoismainen tietekninen liitto (1978). Liikenteen valo-ohjauksen suunnittelu LIVASU-78. Helsinki.

Ramboll (2009). Bussprioritering i Østensjøveien. Kalvosarja esityksestä.

Räty (2009). Sähköpostikeskustelu Unto Rädyn kanssa 18.12.2009.

Sätterlund (2004). Sähköpostikeskustelu Max Sätterlundin kanssa 24.11.2004 "Ramppiohjaus, esiselvitys 2004-2005" (Pitkänen, Nevala, Laitinen 2005) yhteydessä.

Testmann (2009). Lars Testmannin (Ramboll) sähköpostit 23.11.2009, 26.11.2009 ja 11.12.2009

Tiehallinto (2001). Tasoliittymät. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki.

Tiehallinto (2003). Turunväylän lisäkaistat välillä Kehä II – Kehä III. Liikenteellinen selvitys. Helsinki.

Tiehallinto (2005). Liikennevalojen suunnittelu. LIVASU. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki.

Tielaitos (1991). Ramppiohjausselvitys. Tielaitoksen selvityksiä 40/1991. Helsinki.

Tielaitos (1993). Pääväylät kaupunkialueilla, yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki.

Tielaitos (1994). HOV-ratkaisut. Monimatkustaja-ajoneuvoja palvelevat kais-tajärjestelyt. Tielaitoksen selvityksiä 21/1994. Helsinki.

Transportsforskningsdelagationen (1981). PLANK – PLANeringshandbok för Kollektivtrafik, huvudtext. TFD 1981:8. Stockholm.

Tuovinen ja Enberg (2009). Kiertoliittymien välityskyky. Tiehallinnon selvi-tyksiä 17/2009. Helsinki.

U.S. Department of Transportation, Federal Highway Association ja American Association of State Highway and Transportation Officials. Traffic Incident Responses. Practices in Europe. National Cooperative Highway Research Program. International Technology Scanning Program. February 2006.

Vägverket (2004). Vägor och gators utformning, VGU. Korsningar. Publikation 2004:80.

Vägverket (2008). Signalreglering av cirkulationsplatser – etapp 1. Projekt-rapport. Sep. 2008.

Vägverket (2009). Signalreglering av cirkulationsplatser – etapp 2. Modellering av cirkulationsplatser. Arbetsrapport. Concept. Nov. 2009.

Välimäki, Tuominen ja Lehtinen (2003). Linja-autopysäkit. Tiehallinto, Liikennetekniikka, Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki.

Weber (2009). Roland Weberin (BASt) puhelinhaastattelu 30.11.2009.

Winterberg (2010). Sähköpostikeskustelu Bjarne Winerbergin (Ramboll) kanssa 13.1.2010.

6 LIITTEET

Liite 1. Haastatellut ja ideariiheeseen osallistuneet henkilöt.

Haastatellut ja ideariiheen osallistuneet henkilöt

Työn aikana haastateltiin seuraavia henkilöitä Suomesta:


Ralf Granlund	Ramboll Finland Oy
Matti Jäntti	Ramboll Finland Oy
Timo Kalevirta	Ramboll Finland Oy
Pekka Kuorikoski	Ramboll Finland Oy
Rauno Laitinen	Ramboll Finland Oy
Jarkko Niittymäki	Ramboll Finland Oy
Juho Siipo	Ramboll Finland Oy
Juha Siitonen	Ramboll Finland Oy

Työn aikana haastateltiin seuraavia henkilöitä lähimaista:

Svante Berg	Ruotsi, Ramboll
Anna Carlborg	Ruotsi, Vägverket
Carl Chytraeus	Ruotsi, Ramboll
Ove Lindkvist	Ruotsi, Vägverket
Pål Hauge	Norja, Vegvesen
Kjersti Midttun	Norja, Ramboll
Helle Huse	Tanska, Ramboll
Kenneth Kjemtrup	Tanska, Vejdirektoratet
Lars Testmann	Tanska, Ramboll
Bjarne Winterberg	Tanska, Ramboll
John Boender	Alankomaat, CROW
Roland Weber	Saksa, BAST

Ideariihi järjestettiin 3.12.2009 Sokos Hotel Pasilassa Helsingissä. Tilaisuuteen osallistuivat:

Ari Liimatainen	Tiehallinto, Keskushallinto
David Beilinson	Espoon kaupunki
Åsa Enberg	Teknillinen Korkeakoulu
Jussi Hackman	Vantaan kaupunki
Mika Kulmala	Tampereen kaupunki
Ari Puhakka	Tiehallinto, Uudenmaan tiepiiri
Unto Räty	Lahden kaupunki
Paula Tuovinen	Helsingin kaupunki
Martti Varis	Jyväskylän kaupunki
Ralf Granlund	Ramboll Finland Oy
Juha Jokela	Ramboll Finland Oy
Rauno Laitinen	Ramboll Finland Oy
Jouni Lehtomaa	Ramboll Finland Oy



ISSN 1459-1553
ISBN 978-952-221-283-2
TIEH 3201149-v